

HIGOR VENDRAME RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DA DINÂMICA DO USO DA TERRA NA BACIA
HIDROGRÁFICA PARAGUAI/JAUQUARA-MATO GROSSO**

TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL

2016

HIGOR VENDRAME RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DA DINÂMICA DO USO DA TERRA NA BACIA
HIDROGRÁFICA PARAGUAI/JAUQUARA-MATO GROSSO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin

TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL

2016

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

Ribeiro, Higor Vendrame.

R484c Caracterização temporal da dinâmica do uso da terra na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara - Mato Grosso / Higor Vendrame Ribeiro. – Tangará da Serra: Unemat, 2016
54 f. ; 30 cm. Il. color.

Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso.

Orientador: Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin

1. Sensoriamento remoto. 2. Pastagem. 3. Desmatamento. I. Autor. II. Título.

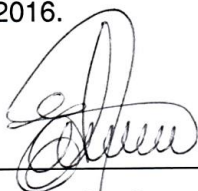
CDU 528.8:633.2(817.2)

HIGOR VENDRAME RIBEIRO

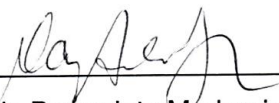
**CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DA DINÂMICA DO USO DA TERRA NA BACIA
HIDROGRÁFICA PARAGUAI/JAUQUARA-MATO GROSSO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 25 de Fevereiro de 2016.



Prof^a. Dr^a. Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin (Orientadora)
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT



Prof^a. Dr^a. Carla Bernadete Madureira Cruz (membro externo)
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



Prof. Dr. Rivanildo Dallacort (membro interno)
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL
2016**

“A gente no dia a dia, faz pequenas cagadinhas na vida, mas que ajudam a gente a compreender, como é gostoso viver, e estar em família. Muitas vezes por motivos quaisquer, ficamos amarrados a pequenas historinhas que não vale a pena. No fundo, no fundo o que vale é aquilo que você está passando no momento, aquilo que você vive no momento. A Família tem que estar junto, a amizade se constrói, um sozinho não é feliz, é o conjunto! Independente do que estiver sentindo no momento, levanta seja humilde e ajude o próximo e saia para brilhar, como o sol que nasce todos os dias, cheio de esperança de um novo recomeço. ”

Leonardo Cezar Vendrame

06/08/2015

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO GERAL	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
ARTIGO 1- Caracterização espaço temporal do uso da terra na bacia Paraguai/Jauquara Mato Grosso - Brasil	13
ARTIGO 2 - Análise das pressões antrópicas na bacia Paraguai/Jauquara-Mato Grosso.....	28
ARTIGO 3 - Aplicação do Índice de expansão da cultura de cana-de-açúcar em sub- bacias da Bacia Hidrográfica Paraguai/Jauquara - Mato Grosso, Brasil	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo realizar uma análise temporal da dinâmica do uso da terra na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara – Mato Grosso, nos últimos 20 anos. Para isso fez-se o uso das imagens Landsat-5 TM dos anos de 1993, 1997, 2001, 2005 e 2009 e imagens do satélite Landsat-8 OLI do ano de 2014. As imagens foram processadas e classificadas no *software* Spring e as classes temáticas quantificadas e editadas no *software* ArcGis. Também elaborou e quantificou-se os tipos de solo da bacia por meio do recorte do Mapa de solo do estado de Mato Grosso, e os dados de declividade por meio das imagens *Shuttle Radar Topography Mission*. A partir da classificação foi possível estabelecer cinco classes de uso e cobertura da terra, bem como suas mudanças ao longo dos 20 anos de estudo. O grau de antropização da bacia foi verificado por meio do Índice de Transformação Antrópica. Os resultados mostraram um aumento da intensidade da transformação antrópica na bacia ao longo do tempo e que a bacia possui características que proporcionam o desenvolvimento de atividades como pastagem e agricultura, as quais são responsáveis pela supressão de grande parte da vegetação natural e aumento da Transformação Antrópica. Posteriormente foi calculado o índice de expansão da cultura canavieira em três sub-bacias da Bacia Paraguai/Jauquara, usando indicadores para estimar essa expansão. Os resultados encontrados mostraram que houve aumento da área plantada de cana-de-açúcar nas três sub-bacias. Esse aumento se deu principalmente pelo fato da substituição da classe pastagem e vegetação nativa pela cultura canavieira. Nesse contexto é de suma importância realizar o acompanhamento das mudanças ocasionadas pelo uso da terra, podendo assim mitigar danos ambientais, contribuindo para a conservação dos atributos bióticos, estéticos e culturais.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, pastagem, desmatamento.

ABSTRACT

This paper aims to do a temporal analyze of the dynamics land use in Paraguai/Jauquara - MT basin, in the last 20 years. For this purpose, images from Landsat-5 TM from the years 1993, 1997, 2001, 2005 and 2009 and images from Landsat-8 OLI of 2014 were used. The images were processed and classified in Spring software and thematic classes were quantified and edited in ArcGIS software. The types of soils in the basin were edited and quantified by clipping Mato Grosso's soils Map by study mask and were quantified slope data through *Shuttle Radar Topography Mission* images. From the classification, it was possible to establish five classes and land cover use, as well as it was possible to verify the changes of these classes over the past 20 years of study. The degree of anthropization of the basin was verified through by the Anthropic Transformation Index. The results showed an increase in the intensity of anthropogenic transformation in the basin over time and that the basin has features that provide the development of activities such as grazing and agriculture, which are responsible for the removal of much natural vegetation and increase Anthropogenic Transformation. Later, It was calculated the expansion rate of the sugar cane crop in three of Paraguay Basin sub-basin / Jauquara using indicators to estimate this expansion. The results showed that there was an increase in the sugar cane area planted in the three sub-basins. This increase was mainly because of the substitution pasture class and native vegetation by the sugar cane crop. In this context, it is very important to follow up the changes caused by land use, and thus can mitigate environmental damage, contributing to the biotic conservation, aesthetic and cultural attributes.

Key Words: Remote sensing, pasture, deforestation.

INTRODUÇÃO GERAL

Na década de 1940, no Governo de Getúlio Vargas, foram desenvolvidos incentivos de ocupação da área central do Cerrado Brasileiro através da implantação de colônias agrícolas nos estados de Mato Grosso e Goiás (KLINK ; MOREIRA, 2002; GUIMARÃES ; LEME, 2002). Entretanto, a ausência de vias de acesso à região e a distância dos grandes centros urbanos, transformaram-se obstáculos para a ocupação do Cerrado (MORENO, 2005).

Com a construção de Brasília, como nova capital, e a construção de novas rodovias, as dificuldades para a ocupação da região foram superadas (GUIMARÃES e LEME, 2002; MORENO, 2005; MATO GROSSO, 2006). Ao chegar no estado de Mato Grosso os colonizadores enfrentaram os problemas relacionados à falta de nutrientes e a elevada acidez do solo da região, resultando em interesse na região do Cerrado. Porém com o avanço do desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas, ocorridas no início da década de 1970, pôde-se superar esses problemas (SALIM, 1986).

Nos últimos anos, Mato Grosso obteve um elevado desenvolvimento da economia em relação aos demais estados brasileiros. A agricultura por sua vez é a principal força econômica do estado, o crescimento está relacionado à expansão da área cultivada, incentivos governamentais, aumento da produtividade, inovações tecnológicas, entre outros fatores (BARBOSA ; COUTO, 2008; FIETZ et al., 2011).

De acordo com o Plano de Desenvolvimento do estado de Mato Grosso MT + 20, a intensidade e o perfil das pressões antrópicas sobre o ecossistema é causada pelo homem através da natureza das atividades econômicas dominantes em cada região e do crescimento da economia. As regiões de planejamento mais antropizadas são grande parte decorrência da expansão da agropecuária moderna, bem como outros processos consolidados de ocupação humana (MATO GROSSO, 2006).

Em consequência da ocupação da terra pelas atividades antrópicas, há aumento de áreas desmatadas, o que causa danos ambientais, como a destruição das florestas, biodiversidade genética, erosão dos solos e a contaminação dos recursos hídricos (OLIVEIRA-FILHO ; LIMA, 2002; BALSAN, 2006).

O estado do Mato Grosso é um dos mais importantes do ponto de vista hídrico, para o aumento da produção hídrica de três bacias hidrográficas brasileiras:

Amazônica, Araguaia-Tocantins e Paraná-Paraguai (LIMA ; SILVA, 2002). Na bacia do Alto Paraguai (BAP), pertencente a hidrográfica Paraná-Paraguai, estão localizadas as nascentes dos rios Paraguai e Jauquara, área de estudo deste trabalho.

Considerando as modificações ocorridas no ambiente natural na região do rio Paraguai (GRIZIO ; SOUZA-FILHO, 2010) e a pouca quantidade de estudos nesta região, é necessário o desenvolvimento de pesquisas que envolvam sensoriamento remoto para análise do uso da terra, fundamentais para a caracterização e compreensão da integridade ambiental da Bacia Hidrográfica Paraguai/Jauquara (BHPJ). O que pode fornecer dados para subsidiar o desenvolvimento de planos de manejo, conservação e tomadas de decisões políticas/técnicas.

De acordo com Antunes (2005) a análise de áreas de cobertura da terra de modo geral, podem ser realizada por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto através de imagens de satélites, bem como a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que possibilitam coletar, armazenar, transformar, processar e analisar dados de diferentes formas, devido a sua capacidade integrativa (BURROUGH ; McDONNELL, 1998), facilitando a realização de análises complexas pela interação de diferentes informações (LUCHIARI, 2001).

Diversos métodos estatísticos podem contribuir para a análise de uso da terra e serem utilizados na verificação de acurácia da classificação realizada, como índice Kappa. Assim como mudanças em relação ao percentual de degradação do ambiente ao longo do tempo, índice de transformação antrópica (ITA).

Neste contexto, foram desenvolvidos três artigos para analisar a dinâmica do uso da terra na Bacia Hidrográfica Paraguai-Jauquara (BHPJ), nos últimos 20 anos.

O primeiro artigo faz a caracterização do uso da terra na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara nos últimos 20 anos, com o objetivo realizar a caracterização do uso da terra na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara nos últimos 20 anos usando imagens LandSat dos anos de 1993, 2001 e 2014, visando quantificar a mudança na paisagem ao longo desses anos.

O segundo artigo intitulado “Análise das pressões antrópicas na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara-Mato Grosso” objetivou avaliar a pressão da transformação antrópica por meio das imagens de satélites para os anos de 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014, na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara. Nesse artigo também foi realizada uma projeção futura de antropização, utilizando uma regressão linear.

O último artigo “Aplicação do Índice de expansão da cultura de cana-de-açúcar em sub-bacias da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara - Mato Grosso, Brasil”, teve como objetivo apresentar uma avaliação da expansão da cultura de cana-de-açúcar, a partir da utilização de indicadores em três sub-bacias da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara. Bacias essas que atualmente apresentam grandes áreas destinadas à cultura canavieira devido a existência de duas usinas sucroalcooleiras na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, J.F.G. **Aplicação de lógica fuzzy para estimativa de área plantada da cultura de soja utilizando imagens AVHRRNOAA**. 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Revista de geografia agrária**, v. 1, p. 123-151, 2006.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333p.
- BARBOSA, G. J.; COUTO, E. P. Evolução das Políticas Agrícolas e o Incentivo à Iniciativa privada na agricultura brasileira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ADMINISTRAÇÃO E SOCIEDADE RURAL, 20., 2008, Rio Branco. **Anais...**Rio Branco, 2008.
- FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; CREMON, C. DALLACORT, R. **Probabilidade de ocorrência de períodos sem chuva no estado de Mato Grosso**. Dourados-MS: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2011. 94 p.
- GRIZIO, E. V.; SOUZA-FILHO, E. E. As modificações do regime de descarga do Rio Paraguai Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.11, n.2, p.25-33, 2010.
- GUIMARÃES, E. M.; LEME, H. J. C. Caracterização histórica e configuração espacial da estrutura produtiva do Centro-Oeste. In: HOGAN, D. J.; CARMO, R. L.; CUNHA, J. M. P.; BAENINGER, R. (Org.). **Migração e ambiente no Centro-Oeste**. Campinas: UNICAMP, 2002. p. 17-85.
- KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation and land-use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R.J. (Org.) **The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69-88.
- LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição hídrica do Cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 2, 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRHMS; UFMS, 2002, p. 1-8.
- LUCHIARI, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 14, p. 47-58. 2001.
- MATO GROSSO, Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. Plano de Desenvolvimento do Estado de Mato Grosso (MT + 20). **Planos de Desenvolvimento Regional**, Parte II, 2006, 342 p. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br/arquivos/A_86d937d03a85679f9d3bb249b375d009Ver%20Tecnica%20%20PD%20Regionais.pdf> Acesso em 21 maio de 2015.

MORENO, G. Políticas e estratégias de ocupação. In: MORENO, G.; HIGA, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005. p. 34-5.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LIMA, J. E. F. W. **Impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado**. Planaltina [DF]: Embrapa Cerrados, 2002. 50 p.

SALIM, C. A. As políticas econômica e tecnológica para o desenvolvimento agrário das áreas de cerrados no Brasil: avaliação e perspectivas. **Caderno de Difusão Tecnológica**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 297-342, 1986.

Caracterização espaço temporal do uso da terra na bacia Paraguai/Jauquara Mato Grosso - Brasil

Spatial temporal characterizing of land use in the Paraguai/Jauquara basin, Mato Grosso - Brazil

[International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation]

Resumo: O objetivo deste estudo é realizar a caracterização do uso da terra na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara nos últimos 20 anos, para tanto foram utilizadas imagens do Landsat-5 TM dos anos de 1993, 2005 e do ano de 2014 do satélite Landsat-8 OLI. As imagens foram, classificadas e processadas no *software* Spring e as classes temáticas quantificadas no *software* Arcgis. Cinco classes foram mapeadas: vegetação natural, massas d'água, agricultura, pastagem e outros usos antrópicos. Além disso, no *software* Arcgis foram elaborados e quantificados os tipos de solo da bacia, por meio do recorte do mapa de solo do estado de Mato Grosso através do *shapefile* da área de estudo, e os dados de declividade foram quantificados por meio das imagens *Shuttle Radar Topography Mission*. Os resultados evidenciaram que houve alterações nas classes durante os 20 anos analisados, principalmente com a diminuição de 25,97% da vegetação natural e aumento das demais classes, 33% da pastagem, 166,67% da agricultura. A bacia apresenta relevo plano em 53,56% da área e oito tipos de solos, sendo os mais representativos os do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolos Vermelhos e Neossolos Litólicos, com áreas de 39,36%; 14,55% e 11,76%, respectivamente. Os resultados mostram que a bacia apresenta características que proporcionam o desenvolvimento de atividades como pastagem e agricultura, as quais estão suprimindo a vegetação natural e acelerando o processo de desmatamento.

Palavras-chave: Geoprocessamento, expansão, supressão, uso da terra.

Abstract: The aim of this study is to characterize the land use in the Paraguai/Jauquara basin, over the past 20 years. Therefore, Landsat-5 TM images from 1993, 2005 and 2014, also the Landsat-8 OLI images were classified and processed in Spring software and thematic classes were quantified in Arcgis software. Five map classes were identified, natural vegetation, pasture, agriculture, other anthropic uses and masses of water. In addition, in Arcgis software the soils types in the basin were edited and quantified by clipping Mato Grosso's soils Map by area of study shapefile and were quantified slope data of from *Shuttle Radar Topography Mission* images. The results showed changes in all classes during the past 20 years analyzed, especially with a 25.97% natural vegetation decrease and an increase in other classes, 33% of pasture, 166.67% of agriculture. The basin has flat relief in 53.56% of the area and eight types of soils, the most representative are Red-Yellow Latosol (Oxisol), Reds Argissolos and Litholic Neosols, with areas of 64.97%; 21.11%, 9.09% and 4.82% respectively. The results show that the basin has features that provide the activities development, such as grazing and agriculture, which are suppressing the natural vegetation and accelerating the process of deforestation.

Keywords: Geoprocessing, expansion, suppression, land use.

1. Introdução

Por meio de atividades antrópicas como a construção civil, implantação de pastagem, agricultura, represamento de corpos d'água dentre outros, o homem há tempos modifica o ambiente onde vive para melhor atender suas necessidades (Kleinpaul et al., 2005). Estes cenários estabelecidos e/ou modificados pela intervenção do homem têm ocupado a maior parte dos sistemas ambientais (Florenzano, 2002).

A ocupação da terra, de modo geral, ocorre de forma desordenada, aumentando as áreas desmatadas sem preocupação com as necessidades ambientais para manutenção do equilíbrio ecológico, ocasionando perturbações ambientais (Silva e Francischett, 2012), destruição das florestas, da biodiversidade genética, a erosão do solo e a contaminação dos recursos hídricos (Oliveira-Filho e Lima, 2002; Balsan 2006).

Frente aos problemas causados pelo processo de ocupação, atualmente é crescente a preocupação com os ecossistemas naturais e recuperação das áreas antropizadas, principalmente, em relação à preservação de mananciais, especialmente os de água doce, essenciais para a sobrevivência da vida no planeta (Cocco, 2015).

Diante desta problemática, ações para a recuperação dos recursos naturais e qualidade de vida envolvem estudos que investigam o processo de ocupação e uso do solo, e abrangem a busca da compreensão sobre a utilização do espaço pelo homem e suas características específicas tal como dos tipos de cobertura vegetal que compreendem uma determinada região (Rosa, 2003).

O estudo e análise de imagens de satélites é uma maneira de verificar como ocorre o processo de ocupação da terra ao longo do tempo. Nesse sentido o geoprocessamento e o sensoriamento remoto têm crescido nos últimos anos e ocupado maior espaço frente aos estudos de uso e cobertura da terra, proporcionando bons resultados para as diferentes áreas do conhecimento científico (Nascimento e Lira, 2012).

A bacia do Alto Paraguai (BAP) é caracterizada como uma região de alta pressão ecológica, uma vez que apresenta grandes áreas de exploração agrícola e pecuária. Ademais, a BAP é de grande interesse científico a nível nacional e mundial

por estar localizada entre as áreas de transição dos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, apresenta grande diversidade ecológica. (Collischonn et al., 2003).

Na bacia Hidrográfica Paraguai/Jauquara (BHPJ) pertencente a BAP, encontra-se a nascente do rio Paraguai, região ameaçada pela retirada da vegetação natural, uma vez que são áreas utilizadas para o desenvolvimento de atividades econômicas, como agricultura, pecuária e turismo (Silva et al., 2006; Grizio e Souza-Filho, 2010).

Diante do exposto o objetivo desse trabalho é realizar a caracterização do uso da terra na BHPJ nos últimos 20 anos.

2. Material e Métodos

A BHPJ (Figura 1), localizada na região sudoeste do estado de Mato Grosso possui área territorial de 1.618.640 hectares, localiza-se entre as coordenadas geográficas de 14°09'00" e 16°12'00"S, e 56°8'00" e 57°30'00"W.

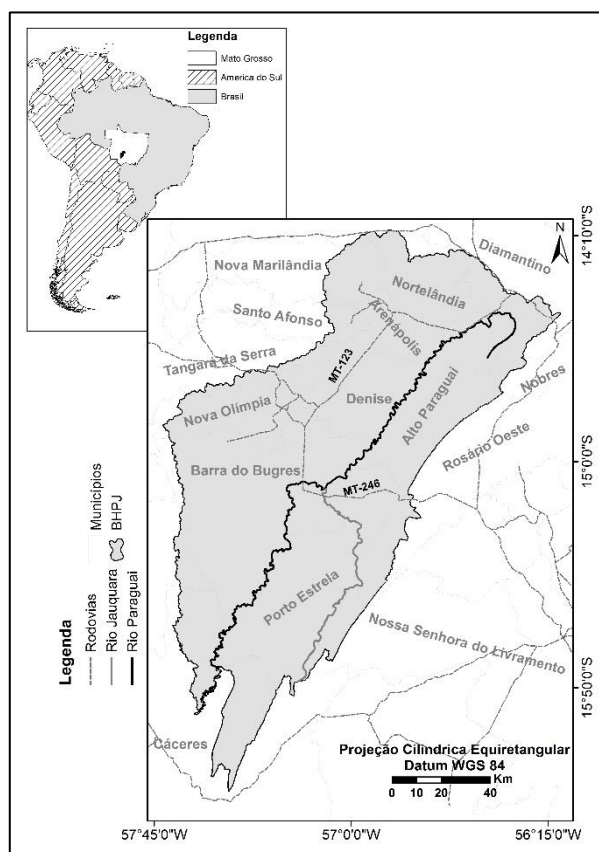


FIGURA 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica Paraguai/Jauquara - Mato Grosso, Brasil.
FONTE: elaborado pelo autor (2015).

A região tem como vegetação nativa o Cerrado. Possui clima tropical com duas estações bem definidas; uma chuvosa, de outubro a março, e outra seca, de abril a setembro, com pluviosidade média de 1.500mm/ano (Dallacort et al., 2010). A temperatura do ar é elevada, atingindo a média anual de 25°C, mas as máximas diárias podem ultrapassar 40°C, principalmente durante a primavera e a mínima no inverno pode cair próximo de 0°C (Neves et al., 2006).

A caracterização do uso da terra, foi realizada inicialmente por meio de visitas à área de estudo nos dias 13 e 14 de outubro de 2014 correspondente ao período de seca e durante o período das chuvas, 28 e 29 de abril de 2015, para realizar registros fotográficos dos tipos de uso e cobertura da terra existentes na bacia de maneira a validar a classificação das imagens de satélite.

A Tabela 1 contém as informações das imagens utilizadas na análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra. Imagens do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat 5, adquiridas do catálogo de imagens disponíveis na Web pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do sensor Operational Land Imager (OLI) a bordo do Landsat 8, obtido no site da United States Geological Survey (USGS).

TABELA 1. Dados das imagens obtidas para o sensoriamento remoto.

Período de Aquisição	Órbitas/ Pontos	Sensor	Bandas	Resolução espacial	Resolução radiométrica
julho de 1993	227/70	TM	3,4,5	30m	8 bits
julho de 1993	227/71	TM	3,4,5	30m	8 bits
julho de 2005	227/70	TM	3,4,5	30m	8 bits
julho de 2005	227/71	TM	3,4,5	30m	8 bits
junho de 2014	227/70	OLI	4,5,6	30m	16 bits
junho de 2014	227/71	OLI	4,5,6	30m	16 bits

Essas imagens foram processadas e analisadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Spring) versão 5.2.7. (Camara et al., 1996) para tal fim foi criado um banco de dados utilizando o sistema de coordenadas UTM, datum WGS 84. As imagens do satélite Landsat 5, das bandas 5, 4 e 3 com composição colorida RGB, foram georreferenciadas usando as imagens Geocover em formato GeoTiff, obtidas no site da NASA, utilizando as bandas 5, 4 e 3, de 2001, no modo tela a tela. Já as imagens Landsat 8 foram trabalhadas usando as bandas 6, 5 e 4 com composição colorida RGB, imagens que já estão georreferenciadas.

Posteriormente, para cada ano foram organizados os mosaicos das duas cenas e o recorte da área de estudo, através da importação da máscara da BHPJ na extensão *shapefile*. Então com a segmentação do mosaico das imagens através do algoritmo de crescimento de regiões, pôde-se agrupar os pixels espectralmente semelhantes. Para tanto, foram realizados testes com os valores de similaridade e de área, a fim de encontrar a melhor segmentação para as imagens de ambos os sensores (TM e OLI).

Os valores de similaridade 8 e área 16 apresentaram o melhor resultado para as imagens do sensor TM no agrupamento de duas regiões espectralmente similares em uma única região, bem como o melhor resultado na individualização entre regiões, pelo número de pixels, assim como o estudo de Maurano et al. (2013). Já para as imagens do sensor OLI os melhores valores de similaridades e de área foram de 200 e 300 respectivamente. Esses valores de segmentação foram diferentes pois as imagens do sensor TM possuem 8 *bits* e a do sensor OLI 16 *bits*.

As classes de uso da terra foram definidas por meio da observação da imagem e classificação usada pelo IBGE (2006) e Silva et al. (2011), modificadas. Neste trabalho considerou-se cinco classes: vegetação natural (todos os tipos de vegetação natural), agricultura (todos os tipos de agricultura), massas d'água (lagos, rios, lagos artificiais), pastagem (todos os tipos de pecuária) e outros usos antrópicos (nesta classe foram consideradas as manchas urbanas, sedes rurais e obras de engenharia).

Seguiu-se com a classificação supervisionada, através da função treinamento, identificação e aquisição de amostras das classes, nas imagens do período seco, usando o classificador de regiões Bhattacharrya com aceitação de 95%.

Os mapas gerados foram transformados em mapas temáticos, seguindo o processo de transformação de matriz para vetor e exportados como arquivo *shapefile*. Por fim, para cada ano pesquisado, os mapas foram processados no software ArcMap, versão 10.1, para edição do mapa temático e quantificação das classes temáticas. O programa também foi utilizado a ferramenta intersect e para o cruzamento dos Planos de Informação (PI) permitindo calcular as áreas de intersecção entre as classes de solo e de uso da terra, com a finalidade de quantificar a ocorrência dos solos em relação ao uso da terra nos anos de 1993, 2005 e 2014.

A fim de compreender algumas características que auxiliam o desenvolvimento das atividades humanas, foram investigados fatores das características pedológicas

e relevo da BHPJ, utilizando o software ArcMap, versão 10.1. Para tanto foi confeccionado um mapa de solo a partir do Mapa de solo do Mato Grosso na escala de 1:250.000 elaborado pela SEPLAN (2001), o qual foi inserido no Banco de Dados Geográficos, recortado através da máscara da área de estudo e classificado segundo EMBRAPA (2009).

Os dados de declividade da bacia, foram obtidos por meio da aquisição de imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), obtido no site da United States Geological Survey (USGS). Realizou-se um mosaico das imagens adquiridas com posterior recorte, por meio da máscara da BHPJ em formato *shapefile*, na sequência foi feita a classificação conforme o Manual de Pedologia do IBGE (2007), com as referentes classes: 0-3% (plano), 3-8% (suave ondulado), 8-20% (ondulado), 20-45% (forte ondulado), 45-75% (montanhoso) e 75-100% (escarpado). Ressaltando que foi utilizado o software ArcMap, versão 10.1, para a confecção de ambos os mapas elaborados.

3. Resultados e discussão

As imagens do satélite Landsat e os levantamentos de campo permitiram identificar, mapear e quantificar cinco principais classes de uso da terra na BHPJ (Figura 2).

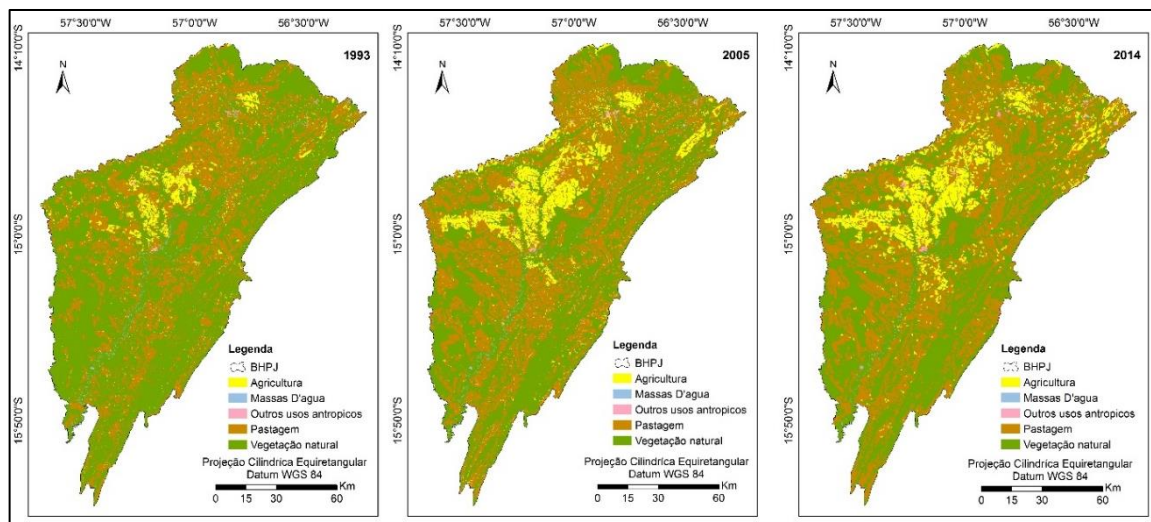


FIGURA 2. Mapa de uso da terra da BHPJ referente aos anos de: 1993, 2005 e 2014.

FONTE: elaborado pelo autor (2015).

Verificou-se que, para todos os anos analisados, a classe vegetação natural seguida por pastagem foram as classes com maior ocorrência na BHPJ, ressaltando

que houve redução de 25,97% da área de vegetação natural mapeadas ao final dos 20 anos (Tabela 2). No mesmo período, houve um aumento da área ocupada pelas classes pastagem, mais de 33% e pela agricultura um aumento de 166,67% da área ocupada.

TABELA 2. - Áreas de uso da terra na BHPJ ao longo dos anos.

Uso	1993		2005		2014	
	(%)	(ha)	Área de ocupação		(%)	(ha)
			(%)	(ha)		
Agricultura	3,9	63.126,96	9,2	148.914,88	10,4	168.338,56
Massas d'água	0,5	8.093,2	0,4	6.474,56	0,2	3.237,28
Outros usos Antrópicos	0,3	4.855,92	0,5	8093,2	0,3	4.55,92
Pastagem	31,4	508.252,96	40,5	655.549,2	41,8	676.591,52
Vegetação	63,9	1.034.310,96	49,4	799.608,16	47,3	765.616,72
Total	100	1.618.640	100	1.618.640	100	1.618.640

Klink e Moreira (2002) estimaram que áreas de Cerrado, de 1970 a 1995/96, ocupadas com lavouras aumentaram em 250%, as ocupadas com pastagens cultivadas em 520%, e as áreas limpas, que não utilizadas para cultivos ou abandonadas, em 150%. Desta forma vastas extensões de vegetação nativa foram, e ainda são, simplesmente suprimidas ao longo dos séculos para dar espaço à agricultura, pecuária e mineração (Ribeiro et al., 2005). Os resultados encontrados apontam que esses processos de ocupação ainda ocorrem até os dias atuais.

Fernandes e Pessoa (2011) ressaltam que historicamente o processo de colonização e consolidação do território brasileiro relaciona-se com a exploração predatória de seus recursos naturais tornando preocupante as estimativas nas áreas que compõem o Cerrado, tendo em vista que no geral sofreram forte redução nos últimos anos. De acordo com Alves (2001) o processo de desflorestamento tende a ocorrer em áreas abertas com maior intensidade, aumentando a área derrubada, o que pode levar a supressão total.

A atividade de pecuária responsável pelo uso e ocupação dos territórios antropizados e amplamente predominante no espaço rural mato-grossense possui um forte componente histórico na formação econômica-social (Mato Grosso, 2011). Atualmente o estado ostenta a primeira posição no ranking dos maiores produtores de bovinos no Brasil, com um aumento do rebanho de 63,31% no período de 1998 a 2009 (Mato Grosso, 2011), o que reflete significativamente no crescimento das áreas de pastagem identificadas nesse trabalho.

Corroborando com os dados de aumento de áreas com agricultura seja ela de grãos, oleaginosas ou fibras MATO GROSSO (2011) relata que de 1996 a 2009 houve um crescimento na ordem de 159,87%, semelhante ao apresentado na Tabela e Figura 2.

Quanto a classe massas d'água é possível observar que houve uma redução ao longo dos vinte anos estudados. Redução que pode estar ligada a retirada da vegetação natural, que com o tempo aumenta o nível de erosão do solo causando o desaparecimento de nascentes e consequentemente reduzindo a quantidade de fluxo d'água. Segundo dados da estação fluviométrica localizada em Porto Estrela e da Agência Nacional de Água (ANA), o volume de água do Rio Paraguai reduziu, passando da média anual de 2217 m³/s, no ano de 1993, para o nível de 1629,9 m³/s no ano de 2005. No entanto, nesta base de dados da ANA não foram encontrados dados fluviométricos para o ano de 2014. Porém, os dados pluviométricos da estação de Cáceres, no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), mostram que no ano de 2005 houve maior taxa de precipitação em relação ao ano de 2014.

Quanto aos tipos de solo predominantes na BHPJ estão os Latossolos Vermelho-Amarelo e o Neossolos Quartzarênicos, já o solo do tipo Plintossolos Pétricos apresentou o menor valor de área, apresentado na Tabela 3.

A bacia apresenta uma relativa heterogeneidade em relação aos tipos de solo. Os solos do tipo Latossolos Vermelho-Amarelo localizam-se na região central da bacia e os Neossolos Quartzarênicos principalmente na região sudoeste da bacia (Figura 3).

TABELA 3. Tipos de solo presentes na BHPJ, segundo a classificação EMBRAPA (2009).

Tipo de solo	Sigla	Área em ha	% área
Argissolos Vermelho	PV	235.566	14,55
Cambissolos	C	154.156	9,52
Latossolos Vermelho	LV	33.741	2,08
Latossolos Vermelho-Amarelo	LVA	637.475	39,36
Neossolos Flúvicos	RU	49.795	3,07
Neossolos Litólicos	RL	190.473	11,76
Neossolos Quartzarênicos	RQ	317.434	19,6
Plintossolos Pétricos	FF	798	0,06
Total		1.618.640	100

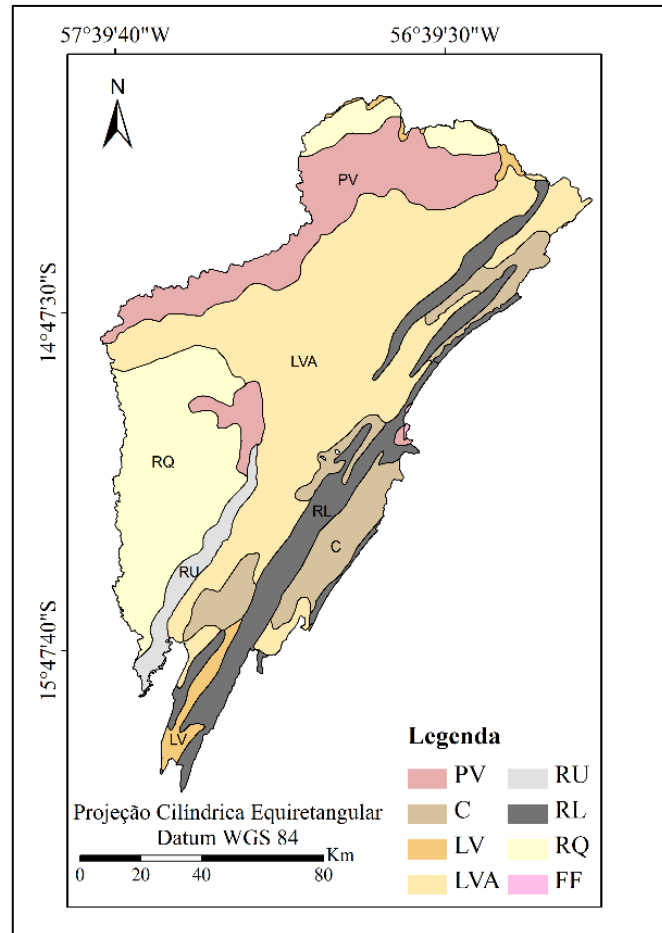


FIGURA 3. Mapa de solo da BHPJ. Onde: Argissolo Vermelho (PV), Cambissolos (C), Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Neossolos Flúvicos (RU), Neossolos Litólicos (RL), Neossolos Quartzarênicos (RQ) e Plintossolos Pétricos (FF).

FONTE: elaborado pelo autor (2015).

Santos (2010) relata que os solos do tipo latossolos predominam no Cerrado Brasileiro, presentes em 46% da área do bioma. Estes tipos de solo se caracterizam, principalmente, pela baixa fertilidade e alta acidez. Por outro lado, tratam-se de solos antigos, profundos, com ótima drenagem e se assentam em relevos planos ou levemente ondulados (Souza e Lobato, 2007).

O avanço tecnológico em meados dos anos 1970 foi a principal causa da expansão agrícola em áreas de solos considerados fracos como o cerrado (Santos, 2010). Outra importante característica é que são solos bem drenados e resistentes a compactação permitindo o uso intensivo da mecanização (Cunha, 1994). A maioria da área de agricultura da BHPJ está localizada nesse tipo de solo, além de ser a região onde estão implantadas as usinas de álcool e açúcar, Itamarati e Barralcool.

Os resultados da intersecção do tipo de solo em relação ao uso da terra são apresentados na Tabela 4, é possível observar que em todos os tipos de solo a classe Vegetação Natural apresenta os maiores valores de área no ano de 1993 e ocorre uma redução desses valores no ano de 2014, embora ainda represente a maior classe em relação as demais. Nota-se um aumento relevante da porcentagem de pastagem para Neossolos Quartzarênicos ocupando este tipo de solo (Tabela 4). Este efeito foi observado para os solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho, esses também apresentam aumento da porcentagem da classe Agricultura para o ano de 2014 (Tabela 4).

De acordo com Souza et al. (2005) o manejo do solo e o tipo de sistema, pode alterar seus atributos físicos, provocando a degradação, perda da qualidade do solo, e causar prejuízo à sustentabilidade. O autor verificou que em diferentes sistemas de manejo (milho, soja, pastagem, integração lavoura-pecuária) as alterações na densidade do solo, porosidade total e macroporosidade, foram mais intensas no Neossolo Quartzarênico do que no Latossolo Vermelho. Demonstrando a necessidade de evitar a modificação da condição natural da paisagem em áreas com a presença de Neossolo Quartzarênico.

Tabela 4. Tipos de solos em relação às classes de uso da terra mapeadas nas imagens do satélite landsat, dos anos de 1993, 2005 e 2014, na BHPJ -Mato Grosso, Brasil. Classes de uso da terra (A) Agricultura; (MDA) Massa d'água; (OUA) Outros usos antrópicos; (P) Pastagem; (VN) Vegetação natural.

Tipos de solo	Classes de uso	Área de intersecção em %		
		1993	2005	2014
Argissolos Vermelho	A	0,65	1,48	1,60
	MDA	0,06	0,04	0,02
	OUA	0,04	0,08	0,03
	P	6,10	7,25	6,97
	VN	7,75	5,75	5,43
Cambissolos	A	0,13	0,29	0,22
	MDA	0,01	0,01	0,00
	OUA	0,03	0,05	0,00
	P	2,20	3,58	3,91
	VN	7,19	5,64	6,92
Latossolos Vermelho	A	0,07	0,14	0,12
	MDA	0,00	0,00	0,00
	OUA	0,01	0,02	0,00
	P	0,57	0,67	0,83
	VN	1,44	1,24	1,05
Latossolos Vermelho-Amarelo	A	2,68	5,90	6,59
	MDA	0,25	0,18	0,08
	OUA	0,23	0,33	0,26

	P	15,17	17,27	16,95
	VN	21,15	15,80	14,12
Neossolos Flúvicos	A	0,02	0,02	0,01
	MDA	0,17	0,14	0,10
	OUA	0,00	0,00	0,69
	P	0,60	0,65	1,87
	VN	1,99	1,96	1,91
Neossolos Litólicos	A	0,10	0,24	0,23
	MDA	0,02	0,01	0,00
	OUA	0,01	0,03	0,00
	P	2,30	3,11	3,14
	VN	9,36	8,41	7,98
Neossolos Quartzarênicos	A	0,28	1,12	1,19
	MDA	0,02	0,02	0,00
	OUA	0,02	0,03	0,01
	P	4,46	7,93	7,73
	VN	14,89	10,56	9,99
Plintossolos Pétricos	A	0,00	0,00	0,00
	MDA	0,00	0,00	0,00
	OUA	0,00	0,00	0,00
	P	0,01	0,02	0,02
	VN	0,04	0,04	0,03

A declividade é uma característica importante em relação ao uso apresentadas para a BHPJ. Visto que há maior predominância de relevo plano e suave ondulado como exibido na Tabela 5. No entanto, na região sudoeste da bacia encontram-se as maiores áreas de terreno classificadas como forte ondulado, montanhoso e escarpado.

TABELA 5. Declividade, tipo de relevo e porcentagem da área ocupada na BHPJ.

Declividade	Relevo	Área em %
0-3%	Plano	53,56
3-8%	Suave ondulado	35,32
8-20%	Ondulado	6,31
20-45%	Forte ondulado	3,19
45-75%	Montanhoso	1,43
75-100%	Escarpado	0,20

O fato da maior parte da área possuir relevos planos favorece o desmatamento de grandes áreas de vegetação. Casarin (2007) relata que o desmatamento na região atingiu altos níveis de degradação das matas de galeria, áreas úmidas e os cursos d'água transformando essas áreas em pastagens.

Serigatto (2006), em um estudo realizado na sub-bacia do rio Queima Pé, aponta o uso ilegal das matas ciliares para agricultura e pecuária, ressaltando que tem influenciado diretamente os danos ambientais. Assim esta é como sugestão para investigação e estudo futuro na BHPJ, pelo fato de compartilhar as mesmas atividades antrópicas.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2003), a transformação da vegetação contínua em manchas isoladas e a fragmentação devido ao desmatamento, alteram os fenômenos e processos biológicos do ambiente, ocasionando diminuição da diversidade e conseqüentemente perda de grupos funcionais. Acarretando a simplificação dos sistemas ecológicos e supressão de diversos serviços prestados pelos ecossistemas à sociedade humana.

Os resultados encontrados neste trabalho podem ser utilizados pelos órgãos governamentais para identificar e localizar as áreas que estão em conflito de uso da terra, possibilitando o desenvolvimento de planos de recuperação.

4. Conclusão

A análise de imagens de satélite possibilitou verificar o uso e a ocupação da terra ao longo dos anos. Nota-se que existe a predominância da vegetação natural (47,3%), pastagem (41,8%) e agricultura (10,4%). A agricultura e a pastagem apresentaram expansão significativa nos últimos 20 anos, como consequência a supressão da vegetação natural, reduzindo 268.694,24 hectares.

As maiores reduções da vegetação natural foram verificadas nos solos do tipo Argissolos Vermelho, Latossolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos.

Em relação as características de relevo, grande parte da bacia (53,3%) é plana e solo do tipo Latossolos, que favorecem o aumento da pastagem e agricultura, ocasionando o processo de desmatamento de forma mais acelerada.

5. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio em forma de bolsa de mestrado. E ao grupo do laboratório de GEOMATICA da Universidade do Estado de Mato Grosso-*Campus Barra do Bugres*, pelo apoio.

6. Referências

Alves, DS, 2001.O processo de desmatamento na Amazônia. *Parcerias Estratégias*. 12, 259-275.

Balsan, R. 2006. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. *Revista de geografia agrária*. 1, 123-151.

Camara, G., Souza, RCM, Freitas, UM, Garrido, J., Mitsou Li, F. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*. 20, 395-403.

Casarin, R. 2007. Caracterização dos principais vetores de degradação ambiental da bacia hidrográfica Paraguai/Diamantino. *GEOCIÊNCIAS*. 169.

Cocco, J. Ações Antrópicas e suas relações com a dinâmica do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio do Sangue – Mato Grosso. 2015. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Tangara da Serra, 2015. p. 96.

Collischonn, W., Tucci, CEM, Clarke, RT. 2003. Variabilidade temporal no regime hidrológico da bacia do rio Paraguai. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 8, 201-211.

Cunha, AS. 1994. Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados, IPEA, Brasília. p. 204

Dallacort, R., Martins, JA, Inoue, MH, Freitas, PSL, Krause, W. 2010. Aptidão agroclimática do pinhão manso na região de Tangará da Serra, MT. *Revista Ciência Agronômica*. 41, 373-379.

EMBRAPA. 2009. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA-SPI, Rio de Janeiro. p. 309.

Florenzano, TG. 2002. O uso de imagens no estudo de ambientes transformados, in: *Imagens de Satélite para Estudos Ambientais*. Oficina de textos, São Paulo. p. 81-97.

Global Land Cover Facility (GLCF). 2004. Geocover technical guide. University of Maryland, Maryland.

Grizio, EV, Souza-Filho, EE. 2010. As modificações do regime de descarga do Rio Paraguai Superior. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 11, 25-33.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística– IBGE. 2006. Manual técnico de uso da terra. IBGE, Rio de Janeiro. p. 91.

Kleinpaul, JJ, Pereira, RS, Hendges, ER, Benedetti, ACP, Zorzi, C, Ferrarl, R. 2005. Análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, MS. *Boletim de pesquisa*. 51, 171-184.

Klink, CA, Moreira, AG. 2002. Past and current human occupation and land-use. in: Oliveira, PS, Marquis, RJ (Eds.), *The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York. p. 69-88.

Mato Grosso. 2011. Mato Grosso em números. Central de texto, Cuiabá.

Maurano, L, Motta, M, Camara, G, Valeriano, D, Viane, J. 2013. Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal. Coordenadoria Geral de Observação da Terra Programa Amazônia - Projeto PRODES. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos. p. 37.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2003. Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. p. 510.

Nascimento, FIC, Lira, EM. 2012. O uso das geotecnologias como ferramenta para o mapeamento de focos de queimadas na Amazônia Sul-Occidental. *Revista Geonorte*. 2, 1646-1654.

Neves, SMAS, Casarin, R, Brandão, AMPM. O Clima na Região da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai. in: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 7., 2006, Rondonópolis. Anais... Rondonópolis [MT]: UFMT. 2006. p. 1-10.

Oliveira-Filho, EC, Lima, JEFW. 2002. Impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado. Embrapa Cerrados, Planaltina [DF]. p. 50.

Fernandes, PA, Pessôa, VLS. 2011. O Cerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura. *Revista Eletrônica de Geografia*. 3, 19-37.

Ribeiro, CAAS, Soares, VP, Oliveira, AMS, Gleriani, JM. 2005. O desafio da delimitação de Áreas de Preservação Permanente. *Revista Árvore*. 29, 203- 212.

Rosa, R. 2003. Introdução ao sensoriamento remoto. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. p. 238.

Santos, MA., Barbieri, AF, Carvalho, JAM, Machado, CJ. 2010. O cerrado brasileiro: notas para estudo. UFMG, Cedeplar, Belo Horizonte.

Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). 2001. Mapa de Solos do Estado de Mato Grosso. Mapa color. Escala 1: 1.500.000.

Serigatto, EM. Delimitação automática das Áreas de Preservação Permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Sepotuba. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006. p. 203.

Silva, CR, Silva, MR, Ribeiro, M, Centeno, JAS. Análise Temporal da Variação da Mata Ciliar do Rio São Francisco na Região do Norte de Minas Gerais com Base nas Imagens do Sensor CCD do CBERS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, COBRAC, 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2006.

Silva, JSV, Pott, A, Abdon, MM, Pott, VJ, Santos, KR. 2011. Projeto GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra no estado de Mato Grosso do Sul. Embrapa Informática e Agropecuária, Campinas. p. 50-55.

Silva, IOR, Francischett, MN. 2012. A relação sociedade–natureza e alguns aspectos sobre planejamento e gestão ambiental no Brasil. Revista eletrônica Geographos, 1-24.

Souza, ED, Carneiro, MAC, Paulino, HB. 2005. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40, 1135-1139.

Souza, DMG, Lobato, E. Latossolos. 2007. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html (Acesso maio de 2015).

Análise das pressões antrópicas na bacia Paraguai/Jauquara-Mato Grosso

[Acta Amazônica]

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a pressão da transformação antrópica por meio das imagens dos satélites Landsat 5 e 8, sensor (TM e OLI) para os anos de 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014, na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara – Mato Grosso. As imagens classificadas e processadas no *software* Spring e as classes temáticas foram quantificadas no *software* Arcgis. O grau de antropização foi verificado através do Índice de Transformação Antrópica. Foram mapeadas cinco classes, a vegetação natural, massas d'água, agricultura, pastagem e outros usos antrópicos. Ao longo dos anos, por meio do Índice de Transformação Antrópica verificou-se um aumento do grau de antropização nas sub-bacias. Atualmente apenas a bacia hidrográfica Jauquara encontra-se com índice pouco degradado, as outras bacias foram classificadas em estado regular, resultado da intensificação da pastagem e agricultura juntamente com a redução da vegetação natural.

Palavras-chave: Desmatamento, Geotecnologia, Uso da Terra, Antropização.

Anthropic pressing analysis in the Paraguai/Jauquara basin-Mato Grosso

ABSTRACT

This paper aims to evaluate the pressure of anthropic transformation by the satellite Landsat 5 and 8 images, sensor (TM and OLI) for the years 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 and 2014 in the Paraguai/Jauquara basin - Mato Grosso. The images were classified and processed in Spring software and thematic classes were quantified in Arcgis software. The degree of anthropization was verified through the Anthropic Transformation Index. Five classes were mapped, natural vegetation, masses of water, agriculture, pasture and other anthropic uses. Through Anthropic Transformation index was verified an increase in the degree of anthropization over the years in the sub-basin, the Jauquara river basin is with little degraded index and the others basins were classified as regular state, the intensification result of pasture and agriculture along with the reduction of natural vegetation.

Keywords: Deforestation, Geotechnology, Land use, Anthropization.

INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais tornaram-se uma pauta importante nas discussões a respeito da conservação da biodiversidade e no desenvolvimento de políticas públicas desta perspectiva (Mato Grosso 2013). O aumento da degradação ambiental deve-se aos longos anos de intensa exploração dos recursos naturais e ocupação do espaço geográfico, as quais, muitas vezes, ocorrem de forma desordenada. Diante disso, é necessário um maior conhecimento em curto, médio e longo prazo sobre os efeitos

que as atividades antrópicas possam provocar no ambiente natural (Ortiz e Freitas 2005).

Para tanto, a obtenção de informações da ocupação da terra de forma rápida e confiável pode ser realizada por meio do sensoriamento remoto, que permite uma profícua análise da evolução da expansão das atividades antrópicas sobre uma determinada área (Santos 2009). O Sistema de Informação Geográfica (SIG) surgiu como parte integrante do sensoriamento remoto, uma vez que possui a capacidade de produzir e processar dados espaciais de forma rápida e precisa (Ferraz 1999).

De acordo com Cavallari *et al.* (2007) estas técnicas possibilitam a análise dos impactos ambientais, permitindo identificar áreas com maiores riscos de danos, como encostas, nascentes de rios e avaliar a modificação ocorrida na paisagem ao longo do tempo. Torna-se possível mensurar as transformações realizadas na paisagem integrando as técnicas de sensoriamento remoto e do Índice de Transformação Antrópica (ITA) (Rodrigues *et al.* 2014), visto que este índice quantifica as ações humanas sobre algum componente do meio ambiente (Rodrigues 2012).

O ITA foi proposto por Lémechev (1982) e aplicado por Mateo (1991), Vicens (1998), Teixeira (2003), Schwenk e Cruz (2008), Gouveia *et al.* (2013), entre outros autores em estudos que objetivaram quantificar a pressão antrópica sobre algum componente da paisagem, na escala de bacia hidrográfica, áreas de proteção, entre outras.

O índice leva em consideração a área ocupada por cada uso da terra e um peso, que é determinado pelo grau de antropização, atribuído para cada uso, desta forma é possível uma visão geral da transformação da paisagem (Cruz *et al.* 1998; Karnaukhova 2000).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a pressão da transformação antrópica por meio das imagens do satélite Landsat para os anos de 1993, 2001 e 2014, na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara (BHPJ), estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A BHPJ (Figura 1), localizada na região sudoeste do estado de Mato Grosso possui uma área territorial de 16.186,40 Km², encontra-se entre as coordenadas

geográficas de 14°09'00" e 16°12'00"S, e 56°8'00" e 57°30'00"W. A bacia está dividida em nove sub-bacias sendo elas: Bacia hidrográfica do Rio Bugres (BHRB), Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha (BHCC), Bacia Hidrográfica do Córrego Salobra (BHCS), Bacia Hidrográfica do Rio Branco (BHRB), Bacia Hidrográfica do Rio Jauquara (BHRJ), Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai/Diamantino (BHRPD), Bacia Hidrográfica Rio Pari (BHRP), Bacia Hidrográfica do Rio Santana (BHRS) e Interbacia do Rio Paraguai Médio (IRPM).

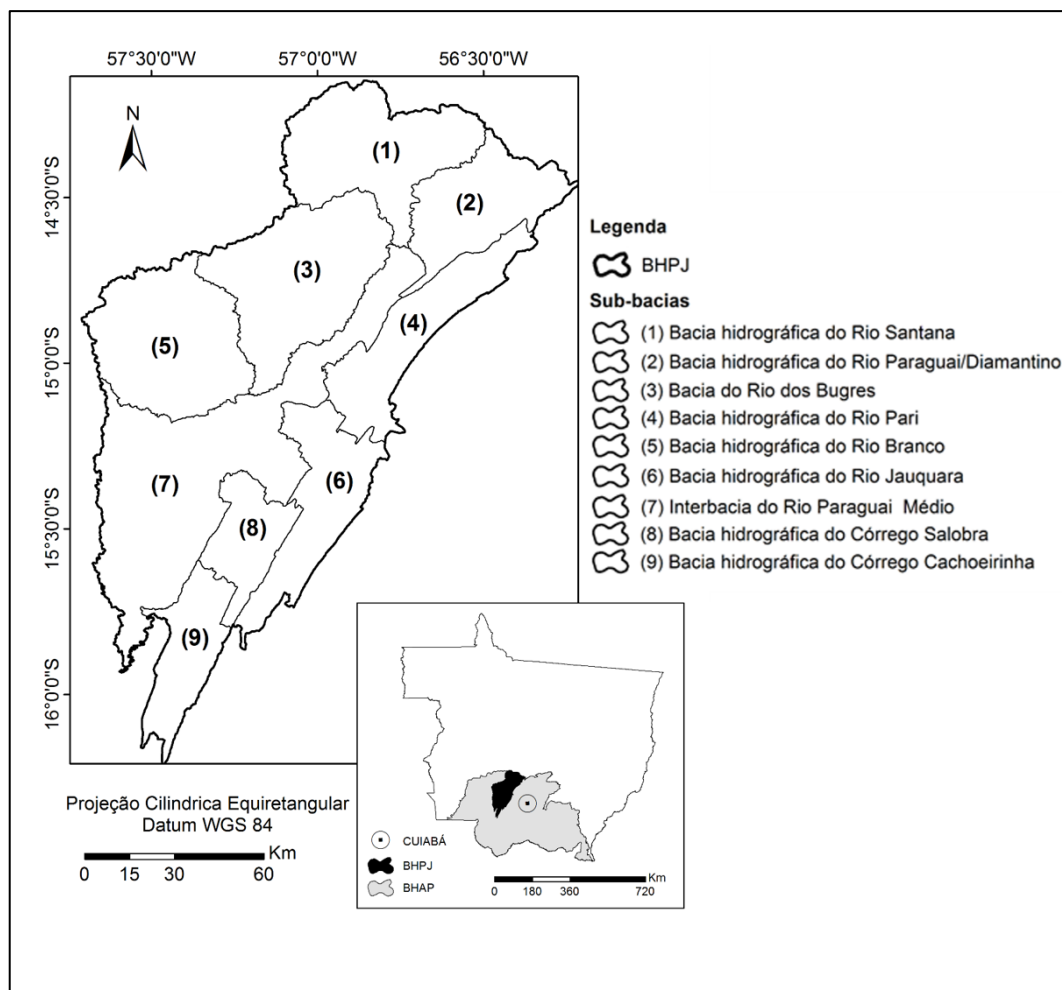


Figura 1. Mapa de localização da BHPJ, no estado do Mato Grosso, Brasil.

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

A região tem como vegetação nativa o Cerrado, possui clima tropical com duas estações bem definidas, uma chuvosa no período correspondente ao verão e outra seca no inverno (Fenner *et al.* 2014).

A BHPJ apresenta uma Unidade de Conservação, a Estação ecológica Serra das Araras, localizada ao sul da bacia, ocupando uma área de 28.700 hectares. Os limites da estação compreendem trechos de diversas serras paralelas, relevo muito

acidentado, as cotas oscilando entre 250 e 900m de altura. Na região há também Terra Indígena Umutina com uma área de 28.120 hectares localizada entre os municípios de Barra do Bugres e Alto Paraguai.

Procedimentos metodológicos

Foram realizadas visitas a área de estudo no período seco, nos dias 14 de outubro de 2014 e 28 e 29 de abril de 2015 para registros fotográficos das várias feições existentes na região e coleta dos Pontos de Controle Terrestre (PCTs), registros que auxiliaram na classificação das imagens de satélite. Posteriormente seguiu-se os procedimentos metodológicos apresentados no fluxograma da Figura 2.

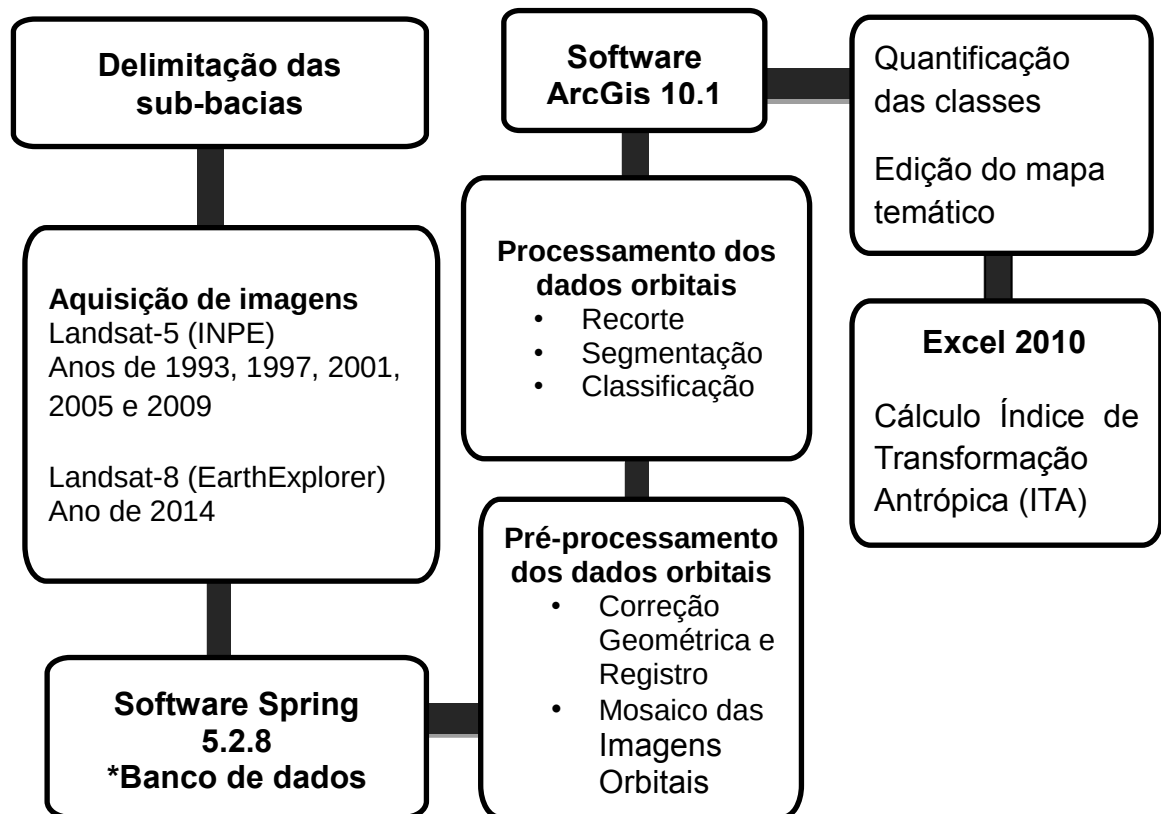


Figura 2. Fluxograma dos procedimentos metodológicos usados para classificação e cálculo do Índice de Transformação Antrópica .

Foram adquiridas imagens dos anos de 1993, 1997, 2001, 2005 e 2009 do sensor *Thematic Mapper* (TM) a bordo do satélite *Landsat 5*, do catálogo de imagens disponíveis na *Web* pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Também foram adquiridas imagens do ano 2014 do sensor *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do *Landsat 8*, obtido no site da *United States Geological Survey* (USGS) todas contemplando a órbita/ponto 227/70 e 227/71, correspondente ao período de seca.

As imagens foram processadas e analisadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Spring) versão 5.2.7. (Camara *et al.* 1996). As imagens *Landsat-5*, com composição colorida RGB nas bandas 5, 4 e 3, foram georreferenciadas usando as imagens Geocover em formato GeoTiff, obtidas no site da NASA, de 2001, no modo tela a tela. As imagens *Landsat-8*, já são georreferenciadas, dessa forma não houve a necessidade de efetuar esse processo. Foram utilizadas as bandas 6, 5 e 4 para realizar a composição colorida RGB.

Em seguida, foram definidas as classes de uso da terra, por meio da observação da imagem e da classificação usada pelo IBGE (2009). Neste trabalho foram consideradas cinco classes: vegetação natural (todos os tipos de vegetação natural), agricultura (todos os tipos de agricultura), massas d'água (considerando-se lagos, rios, lagos artificiais), pastagem (todos os tipos de pecuária) e outros usos antrópicos (nesta classe foram consideradas as manchas urbanas, sedes rurais e obras de engenharia).

Seguiu-se com a classificação supervisionada, realizada através da identificação e aquisição de amostras das classes, com o classificador de regiões Bhattacharrya, aceitação de 95%. Leão (2007) descreve o classificador como um algoritmo que utiliza a distância de Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classe espectral. A separação é calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

Posteriormente, os mapas gerados foram transformados em mapas temáticos, seguindo o processo de modificação de matriz para vetor e exportados como arquivo *shapefile*. Os mapas foram processados no *software* ArcMap, versão 10.1, para edição temática e quantificação das classes, o que possibilitou o cruzamento dos planos de informação (PI) pela ferramenta *intersect*, permitindo calcular as áreas das classes de uso da terra nas sub-bacias analisadas para os anos de 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014.

Por fim, calculou-se o ITA a fim de verificar a pressão das ações antrópicas sobre as sub-bacias do Paraguai/Jauquara (SBPJ). O ITA é calculado a partir das classes do mapa de uso e cobertura da terra, utilizando a fórmula abaixo (Lémechev, 1982).

$$ITA = \sum (\%USO \times PESO) / 100 \quad (1)$$

onde: **uso** = área em valores percentuais da classe de uso e cobertura,

peso = peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura quanto ao grau de alteração antrópica. Varia de **1 a 10**; onde **10** indica **as maiores pressões**.

Por meio do método Delphi, foi atribuído o peso de acordo com a classe de uso, a partir da visão multidisciplinar de vários especialistas, que possibilita o estabelecimento do consenso sobre o peso atribuído a cada classe de uso (Nogueira et al., 2001; Schwenk & Cruz, 2008). Os pesos de cada classe de uso da terra estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1. Classificação do ITA com os pesos de cada classe de uso da terra.

Classes de uso da terra	Peso
Agricultura	7
Massas d' água	2
Outros usos antrópicos	9,5
Pastagem	5
Vegetação natural	1

Seguiu-se a forma de classificação por quartis proposto por Cruz *et al.* (1998) onde: Pouco degradado (0 a 2,5); Regular (2,5 a 5); Degradado (5 a 7,5) e Muito Degradado (7,5 a 10).

Também foi feita uma análise de regressão com o objetivo de explicar de forma satisfatória a relação entre a variável resposta e uma ou duas variáveis explicativas, o que possibilita fazer previsões de valores da variável de interesse (Guimarães 2008). Desta maneira realizou-se uma previsão do estado de transformação antrópica da BHPJ para o ano de 2060.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mapas temáticos das classes do uso da terra das SBHPJ estão ilustrados na Figura 3, e as porcentagens da área ocupada pelo uso da terra e o valor do ITA em cada sub-bacia estão expostos na Tabela 2.

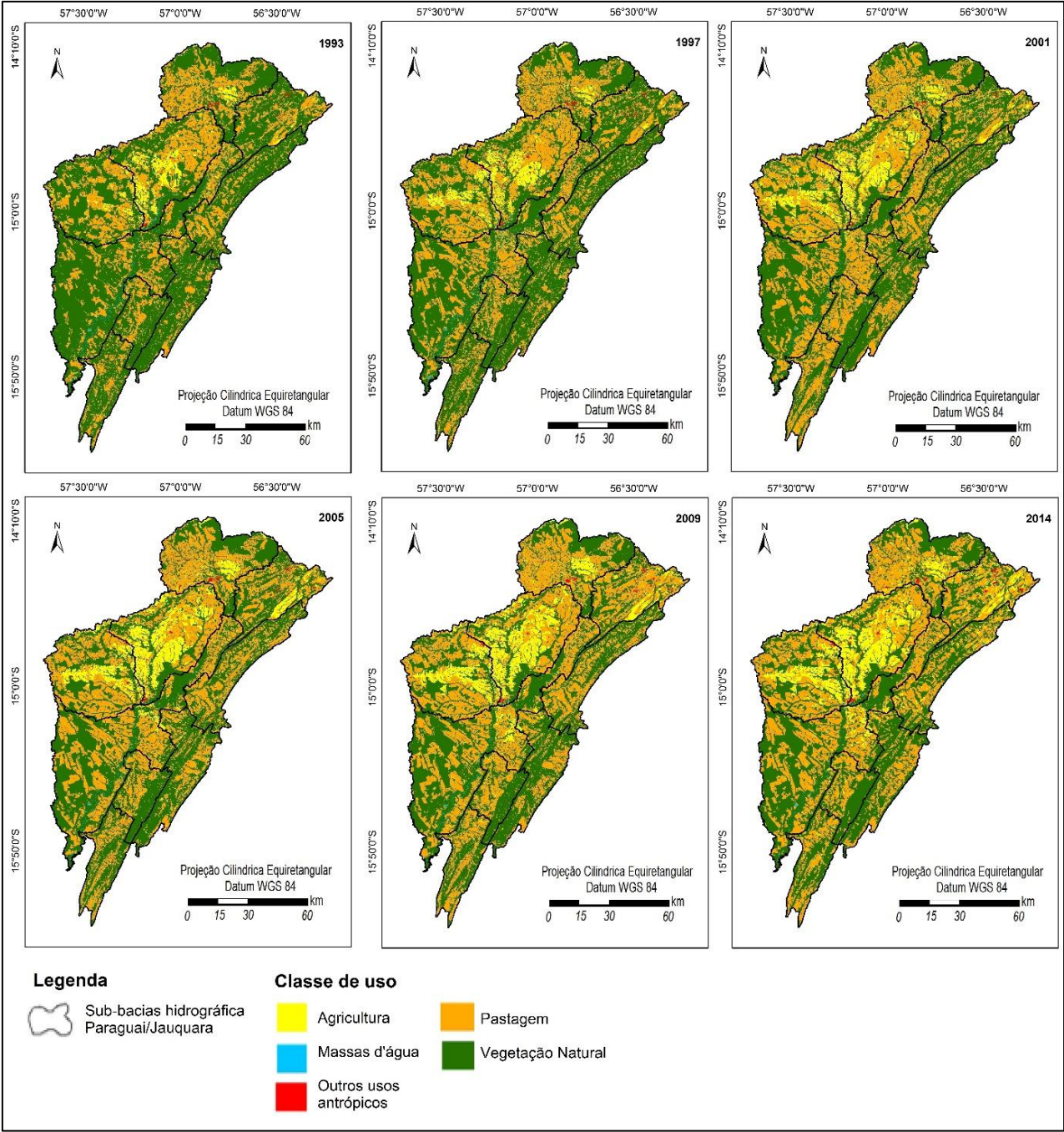


Figura 3. – Mapa de uso da terra dos anos de 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014, das sub-bacias da BHPJ.

Tabela 2. Resultados das classes de uso da terra e do ITA para cada sub-bacia da BHPJ-MT, Brasil, nos anos de 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014.

Classes de uso da terra (área em %)						
Sub-bacias	Agricultura	Massas d'água	Outros usos antrópicos	Pastagem	Vegetação natural	ITA

1993						
BRB	13,82	0,61	0,57	41,08	43,92	3,53
BHCC	1,15	0,23	0,19	29,14	69,29	2,25
BHCS	0,71	0,34	0,09	29,79	69,07	2,25
BHRB	5,36	0,15	0,19	36,13	58,17	2,78
BHRJ	0,95	0,26	0,3	22,09	76,4	1,97
BHRPD	3,33	0,48	0,74	32,19	63,26	2,56
BHRP	1,36	0,15	0,17	27,61	70,71	2,2
BHRS	4,15	0,35	0,76	39,3	55,44	2,89
IRPM	0,86	1,14	0,11	24,58	73,32	2,06
1997						
BRB	17,14	0,32	0,83	43,89	37,82	3,86
BHCC	1,41	0,1	0,22	30,77	67,5	2,33
BHCS	1,56	0,34	0,09	30,98	67,03	2,34
BHRB	11,43	0,13	0,43	42,89	45,12	3,44
BHRJ	1,9	0,31	0,19	22,17	75,42	2,02
BHRPD	3,3	0,27	1,02	32,73	62,67	2,6
BHRP	1,94	0,08	0,19	28,49	69,29	2,27
BHRS	5,52	0,18	0,83	42,18	51,28	3,1
IRPM	1,75	1,25	0,11	32,24	64,65	2,41
2001						
BRB	26,02	0,26	0,73	40,24	32,75	4,24
BHCC	0,31	0,06	0	51,03	48,59	3,06
BHCS	0,41	0,21	0	40,76	58,62	2,66
BHRB	16,83	0,14	0,56	46	36,46	3,9
BHRJ	0,66	0,1	0,01	34,85	64,37	2,44
BHRPD	7,3	0,18	0,63	35,13	56,75	2,9
BHRP	3	0,06	0,21	35,84	60,9	2,63
BHRS	8,65	0,24	0,59	43,02	47,5	3,29
IRPM	1,11	0,81	0,01	38,98	59,08	2,64
2005						
BRB	31,12	0,31	0,79	37,94	29,84	4,45
BHCC	1,81	0,11	0,54	38,8	58,74	2,71
BHCS	1,14	0,29	0,09	34,61	63,87	2,46
BHRB	15,68	0,19	0,66	46,03	37,44	3,84
BHRJ	2,97	0,2	0,43	31,78	64,63	2,49
BHRPD	9,45	0,27	1,09	40,03	49,15	3,26
BHRP	2,2	0,07	0,47	41,08	56,18	2,81
BHRS	7,36	0,27	0,92	46,5	44,95	3,38
IRPM	1,94	1	0,12	40,58	56,36	2,75
2009						
BRB	31,83	0,29	0,82	37,87	29,18	4,49
BHCC	2,09	0,11	0,34	43,55	53,89	2,9

BHCS	1,92	0,29	0,05	38,01	59,72	2,64
BHRB	17,71	0,19	0,42	45,19	36,49	3,91
BHRJ	2,09	0,19	0,36	31,52	65,83	2,42
BHRPD	9,26	0,17	1,53	51,67	37,37	3,75
BHRP	2,14	0,05	0,27	40,55	56,99	2,77
BHRS	8,94	0,24	0,85	47,47	42,51	3,51
IRPM	3,1	0,99	0,05	40,9	54,97	2,83
2014						
BRB	33,58	0,12	0,56	35,6	30,14	4,49
BHCC	1,01	0,05	0	43,47	55,47	2,8
BHCS	1,24	0,11	0	35,75	62,9	2,51
BHRB	18,58	0,04	0,45	44,73	36,2	3,94
BHRJ	1,39	0	0,05	34,78	63,77	2,48
BHRPD	11,64	0,15	1,22	48,84	38,16	3,76
BHRP	3,83	0	0,02	42,75	53,4	2,94
BHRS	8,34	0,13	0,54	47,11	43,88	3,43
IRPM	2,72	0,61	0	41,68	54,99	2,84

Verificou-se com o passar dos anos que os valores do ITA sofreram aumento. Em 1993 cinco sub-bacias encontravam-se em estado pouco degradada (BHCC, BHCS, BHRJ, BHRP, IRPM), as demais foram classificadas como regular. Já em 2001 e 2014 apenas a sub-bacia BHRJ manteve-se no estado pouco degradado, as sub-bacias BHCC, BHCS, BHRP e IRPM alteraram o estado de classificação do ITA para regular, juntando-se as sub-bacias BRB, BHRB, BHRPD e BHRS que se mantiveram no estado regular que se encontravam em 1993 (Figura 4).

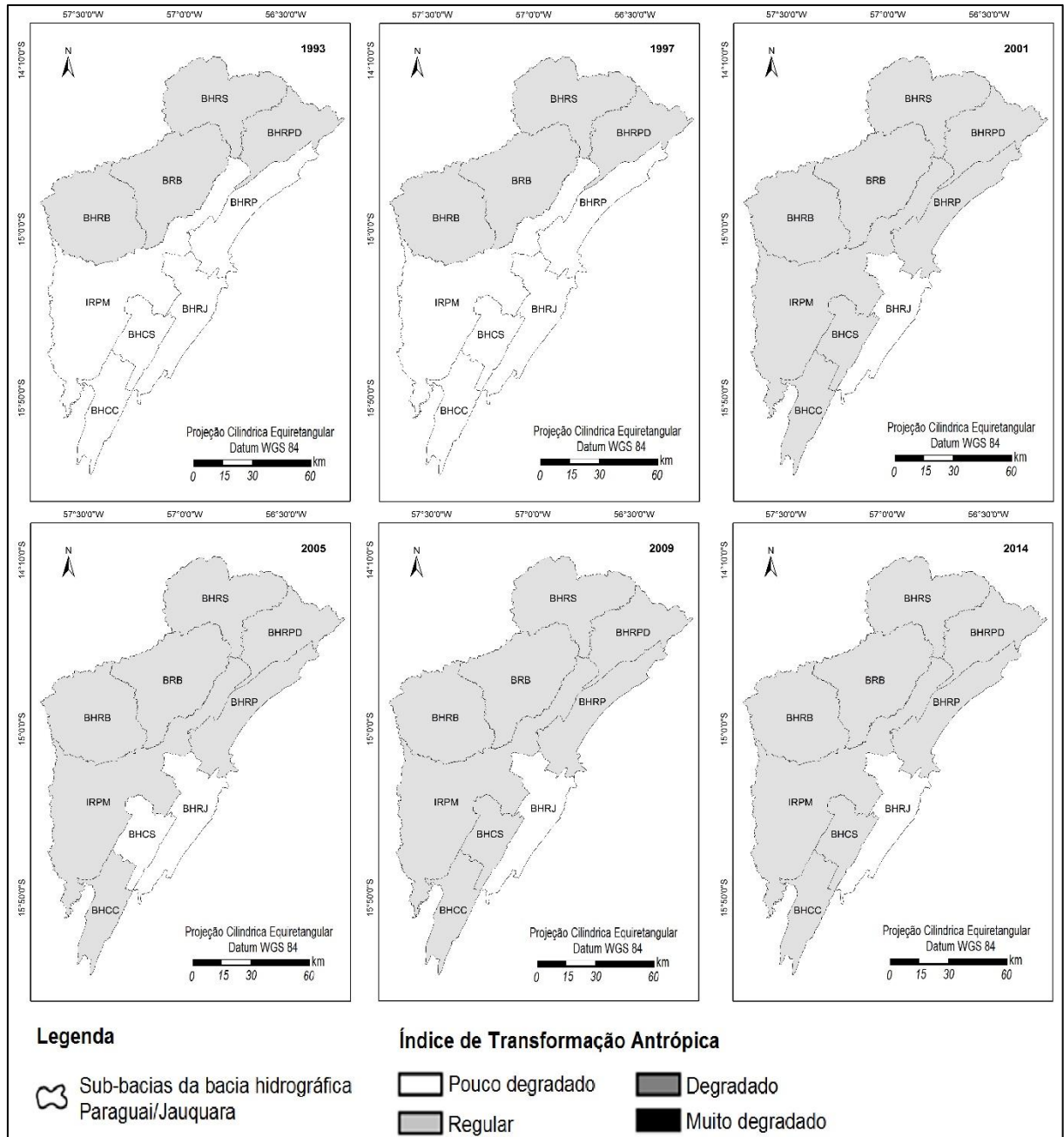


Figura 4. Mapa do Índice de transformação antrópica para as sub-bacias da BHPJ.

O principal fator de mudança antrópica se deve ao aumento da área destinada à classe pastagem e consequentemente a redução da vegetação natural (Tabela 2). A pecuária de corte extensiva é uma atividade que apresenta baixo custo de mão de obra e tecnologia quando comparado à outras atividades, como a agricultura (Dias-Filho 2014). Essa facilidade faz com que a pecuária seja uma atividade pioneira na ocupação da terra até então ocupada com vegetação natural.

No entanto, embora a pastagem seja predominante na área de estudo, nas sub-bacias BRB e BHRB a agricultura tem aumentado ao longo do tempo. Este diferencial

pode ser atribuído a presença de duas usinas, açúcar e álcool que somam aproximadamente 97 mil hectares destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar. Usinas que foram implantadas na década de 80 e estimulam e incentivam o aumento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar na região.

Um dos fatores que influenciou a manutenção do estado pouco degradado da BHRJ é a presença da Estação Ecológica Serra das Araras, que mantém a área intacta, os limites da estação compreendem trechos de serras paralelas, de relevo muito acidentado, que dificultam o acesso à região.

De acordo com Vivacqua e Vieira (2005) as unidades de conservação (UCs), no mundo inteiro, são importantes instrumentos para a conservação ambiental. O Brasil possui cerca de 1,5 milhões de km² distribuídos entre as diversas categorias de UCs (Brasil 2008).

Além disso, o acesso à região da sub-bacia é difícil, pois existem poucas estradas no local. Segundo Almeida (2005) e Brasil (2002) o acesso é um dos principais fatores que favorecem ou não a expansão do desmatamento e ocupação de determinada região.

A partir do resultado do cálculo do ITA dos seis anos analisados foi realizado uma previsão futura do índice de transformação antrópica para cada sub-bacia da BHPJ (Tabela 3). Esta previsão foi realizada por meio da função de regressão para verificar o estado de antropização no ano de 2060.

Tabela 3. Projeção do ITA a cada 10 anos até 2060 para as sub-bacias da BHPJ em relação a equação de regressão.

Sub-bacias	Tempo	Função de regressão linear	R ²	Resultado da projeção do ITA
BRB	2060	$y=(0,047*2060)-89,909$	0,83	6,91
BHCC	2060	$y=(0,0276*2060)-52,674$	0,45	4,18
BHCS	2060	$y=(0,0134*2060)-24,446$	0,41	3,16
BHRB	2060	$y=(0,0485*2060)-93,552$	0,68	6,36
BHRJ	2060	$y=(0,0259*2060)-49,581$	0,7	3,77
BHRPD	2060	$y=(0,0673*2060)-131,73$	0,94	6,91
BHRP	2060	$y=(0,0369*2060)-71,248$	0,89	4,77
BHRS	2060	$y=(0,0274*2060)-51,533$	0,83	4,91
IRPM	2060	$y=(0,0359*2060)-69,41$	0,83	4,54

Os resultados da previsão do índice de transformação antrópica para o ano de 2060 estão apresentados no mapa temático (Figura 5). Neste ano as sub-bacias BHRB, BRB e BHRPD passarão do estado regular para o estado degradado, segundo a classificação do ITA, considerando as relações de causa-efeito já observadas no passado. Outra sub-bacia que apresenta mudança quanto a classificação do ITA na estimativa é a BHRJ, que passará de pouco degradada para regular.

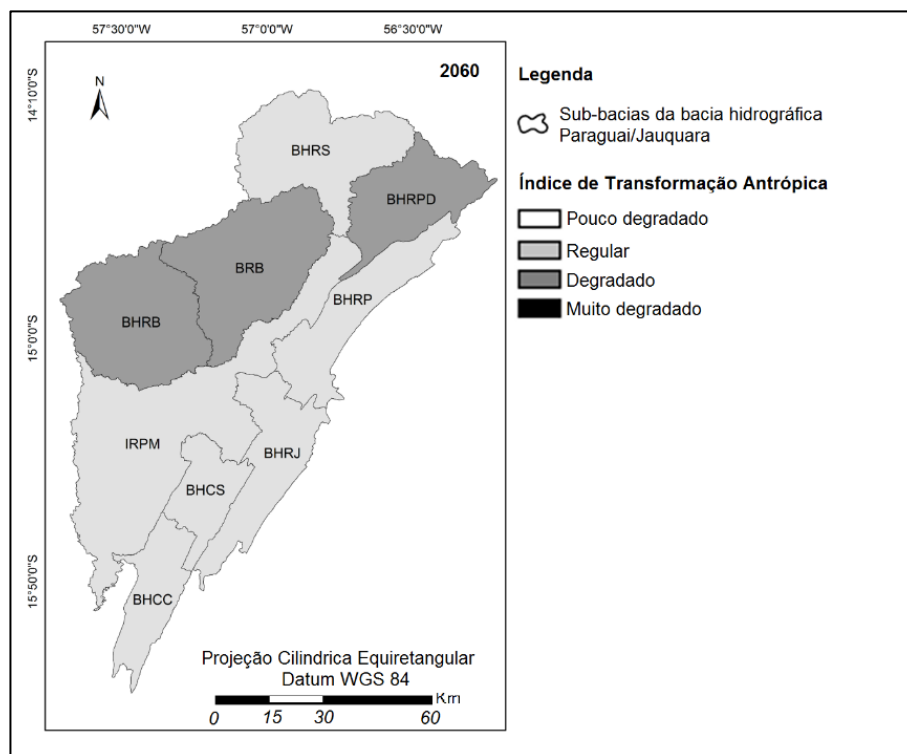


Figura 5 – Mapa da projeção do ITA para o ano de 2060 para as Sub-Bacias que compõem a BHPJ.

Em um estudo realizado na microbacia do Córrego Ipê, localizado no estado de São Paulo, evidenciou que em um período de apenas 10 anos o grau de transformação antrópica passou do estado de degradado para muito degradado (Peres e Carvalho 2012). O que mostra um agravante para a BHPJ, considerando que quanto maior o nível de transformação antrópica, mais acelerado podem ser os processos de degradação ambiental.

É importante salientar que existe uma capacidade de suporte que toda área possui, e o uso da terra de maneira inadequada por qualquer atividade humana sobre o meio ambiente pode causar sérios danos ambientais (Stipp e Oliveira 2004). A diminuição da disponibilidade de recursos hídricos, perda de fertilidade dos solos, intensificação dos processos de desertificação, compactação do solo e a eliminação

de espécies da fauna e da flora são acentuados devido ao uso abusivo do meio ambiente (Santos 2009). Dessa forma faz-se necessária a elaboração de planos de manejo para que seja possível proteger e manter esses recursos naturais.

CONCLUSÕES

O uso da terra tem forte influência sobre o índice de transformação antrópica na região da BHPJ. O índice de transformação antrópica foi elevado para regular em 2014, na maioria das sub-bacias, com exceção da sub-bacia do rio Jauquara, que se manteve em estado pouco degradado.

Os resultados da projeção para 2060, baseado nos dados de uso da terra, indicam que o índice continuará aumentando, atingindo o estado degradado em três sub-bacias, rio Bugres, rio Paraguai/Diamantino e rio Branco, e os demais atingirão o estado regular no ano de 2060.

É importante um acompanhamento dessas bacias para mitigar os danos ambientais já causados e também novos estudos para acompanhar as mudanças ambientais na região.

Uma maneira eficiente para que o índice de transformação antrópica não aumente é a instalação de novas áreas de proteção e preservação ambiental e a manutenção desses locais. Essas áreas de proteção contribuirão para a conservação dos atributos bióticos (fauna e flora), estéticos ou culturais ali existentes, importantes para a qualidade de vida da população local e para a proteção dos ecossistemas regionais.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio em forma de bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- Brasil, 2008. *Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Cadastro nacional de unidades de conservação*. (http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dap_cnuc2/_arquivos/uc_por_esferacnuc_31jan2012_119.pdf) acesso em 07 de setembro de 2015.
- Cavallari, R. L.; Tame, R. Y.; Rosa, A. J. 2007. A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, 6(11).
- Cohen, J. A. 1960. Coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20: 37-46.
- Cruz, C. B. M.; Teixeira, A. J. A.; Barros, R. S.; Argento, M. S. F.; Mayr, L. M.; Menezes, P. M. L. 1998. Carga antrópica da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara. *Anais. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 9., Santos, Brasil, INPE, 99-109.
- Dias-Filho, M. B. 2014. *Diagnóstico das pastagens no Brasil*. Embrapa Amazônia Oriental, Belém.
- Ferraz, F.F.B. 1999. Sistema de Informação Geográficas Aplicado ao Planejamento de Bacias Hidrográficas. In: *Curso de Recursos Hídricos: Produção, Conservação e Recuperação*, 143-158.
- Fenner, W.; Moreira, P. S. P.; Ferreira, F. S.; Dallacort, R.; Queiroz, T. M.; Bento, T. S. 2014. Análise do balanço hídrico mensal para regiões de transição de Cerrado-Floresta e Pantanal, Estado de Mato Grosso. *Acta Iguazu*, 3: 72-85.
- Gouveia, R. G. L.; Galvanin, E. A. S.; Neves, S.M. A. S. 2013. Aplicação do Índice de Transformação Antrópica, na análise multitemporal da Bacia do Córrego do Bezerro Vermelho em Tangará da Serra – MT. *Revista Árvore*, 37: 1045-1054.
- Guimarães, P.R.B. 2008. Análise de Regressão. In: Guimarães, P.R.B. *Métodos Quantitativos Estatísticos*. IESDE Brasil S.A., Curitiba, 245 p.
- Karnaukhova, E. 2000. A intensidade de transformação antrópica da paisagem como um 441 indicador para a análise e gestão ambiental (ensaio metodológico na área da bacia 442 hidrográfica do rio Fiorita, Município de Siderópolis, SC). *Dissertação de mestrado*, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. 230p.
- Leão, C.; Krug, L. A.; Kampel, M.; Fonseca, L. M. G. 2007. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. *Anais. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13., Florianópolis, Brasil. INPE. p. 939-946.
- Lémechev, T. 1982. On hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response. *Journal of Hydrology*, 100: 357- 375.

Mateo, J. 1991. *Geoecologia de los Paisajes*. Universidad Central de Caracas. *Monografia*.

Mato Grosso, Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. 2013. *Mato Grosso em números: um diagnóstico da realidade de Mato Grosso*. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral, Cuiabá, 181p.

Ortiz, J.L.; Freitas, M.I.C. 2005. Análise da transformação do uso da terra, vegetação e impactos ambientais por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Geociências*, 24: 77-89.

Perez, D. J.; Carvalho, S. L. 2012. Aplicação de dois indicadores ambientais para quantificação da antropização na microbacia do Córrego do Ipê (SP) – Brasil. *Revista de Ciencias Agrícola*, 29: 93 - 107.

Rodrigues, L. C.; Pessoa, S. P. M.; Neves, R. J.; Neves, S. M. A. S.; Silva, J. S. V. S.; Kreitlow, J. P. 2012. Análise multitemporal e índice de transformação antrópica da bacia do rio Queima-Pé – Tangará da Serra/MT, Brasil. *Anais. Simpósio de Geotecnologia no Pantanal*, 4., Bonito, MS. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 838-848.

Santos, C. E. S. 2009. *A expansão urbana sobre os remanescentes florestais situados no entorno da avenida Luís Viana Filho, Salvador-Bahia*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, 144p.

Schwenk, L. M.; Cruz, C. B. M. 2008. Conflitos socioeconômicoambientais relativos ao avanço do cultivo da soja em áreas de influência dos eixos de integração e desenvolvimento no Estado de Mato Grosso. *Acta Sci. Agron.*, 30: 501-511.

Stipp, N. A. F.; Oliveira, J. 2004. Estudos ambientais da microbacia do ribeirão dos Apertados. *Geografia*, 3.

Teixeira, A. J. A. 2003. *Classificação de bacias de drenagem com o suporte do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – O caso da Baía de Guanabara*. Dissertação de Mestrado em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 156p.

Vicens R. S. 1997. *O transporte de sedimentos em suspensão como parte da análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Mazomba*. Dissertação de mestrado em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 117p.

Vivacqua, M.; Vieira, P. F. 2005. Conflitos socioambientais em unidade de conservação. *Política e Sociedade*, 7: 139-162.

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE EXPANSÃO DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SUB-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA PARAGUAI/JAUQUARA - MATO GROSSO, BRASIL

APPLICATION OF SUGAR CANE EXPANSION INDEX IN THE SUB-BASINS OF THE PARAGUAI/JAUQUARA BASIN – MATO GROSSO, BRAZIL.

[Revista Ciência e Agrotecnologia]

RESUMO

Esse trabalho apresenta uma avaliação da expansão da cultura de cana-de-açúcar, a partir da utilização de indicadores em três sub-bacias da Bacia Hidrográfica Paraguai/Jauquara, Mato Grosso. Por meio das imagens do satélite Landsat 5 e 8 a área foi classificada, obtendo como parâmetro quatro classes, sendo elas: vegetação natural, cana-de-açúcar, pastagem, outros usos. A partir dessa classificação foram gerados os indicadores de expansão da cultura para a região. Os resultados mostraram um aumento da área de cana-de-açúcar em todas as sub-bacias, um aumento em consequência da substituição da classe pastagem e vegetação nativa pela classe cana-de-açúcar.

Termos para indexação: Supressão, agricultura, Sensoriamento remoto.

ABSTRACT

This paper shows the sugar cane expansion evaluation, from the use of indicators in three sub-basins in Paraguai/Jauquara basin, Mato Grosso. The images from Landsat satellite 5 and 8 were used to classify the area, having as parameter four thematic classes: natural vegetation, sugar cane, pasture and other uses. As from this classification were generated the sugar cane indicators of expansion for the region. The results showed an increase in the sugar cane area in all sub-basins, an increase of replacing pasture class and native vegetation by sugar cane class.

Index terms: Suppression, agriculture, Remote sensing.

INTRODUÇÃO

A agroindústria canavieira é uma das mais antigas atividades econômicas do Brasil e até os dias atuais apresenta grande importância na economia do país (Silveira; Carvalho, 2008). Esta cultura é explorada em todo o território nacional, embora os principais polos produtores estão situados nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul recentemente, o cultivo da cana-de-açúcar vem expandindo-se no norte do estado do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, norte do Paraná e estados do Centro-oeste (Lima; Costa, 2007; Silva; Miziara, 2011)

Esta expansão baseou-se inicialmente no modelo de incorporação de áreas por arrendamento e aquisição de terras pelas usinas e fornecedores, em um raio de ação que justificasse a relação custo-benefício do transporte da cana colhida até a usina

(Castro et al., 2010). Recentemente o setor sucroalcooleiro recebeu incentivo das políticas nacionais de estímulo à produção dos biocombustíveis, juntamente com a abertura e receptividade do mercado externo ao açúcar e álcool brasileiros. Entretanto, para atender as tendências de evolução da produção sucroalcooleira no Brasil, existe a necessidade de aumentar a produção canavieira para sustentar a emergente expansão do setor (Ferraz et al., 2013).

Segundo Iaia et al. (2006) o estado do Mato Grosso participa com 3,8% da produção nacional de cana-de-açúcar, sendo uma das regiões do Brasil que comportam a expansão da atividade devido à grande disponibilidade de terras agricultáveis e clima favorável (Abreu et al., 2011).

O estado de Mato Grosso apresenta a relevância ecológica por abrigar em sua maior extensão o Bioma Cerrado, Pantanal e Amazônia, além de contribuir hidricamente com três bacias hidrográficas brasileiras: Amazônica, Araguaia-Tocantins e Paraná-Paraguai. Por isso, diversos trabalhos preocupam-se em estudar a dinâmica e a problemática ambiental atribuída ao crescimento de uma nova atividade agroeconômica em expansão na região.

Dessa forma faz-se necessário a obtenção de informações a respeito da mudança da dinâmica de uso da terra, a fim de acompanhar esse processo e identificar os impactos causados ao ambiente (Adami et al., 2012). Com auxílio das imagens de satélite novos indicadores estão sendo elaborados para quantificar o processo de expansão de culturas. Assim, este artigo apresenta uma avaliação da expansão da cultura de cana-de-açúcar, a partir da utilização de indicadores em três sub-bacias da Bacia Paraguai/Jauquara, Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho realizado teve como área de estudo três sub-bacias como apresentado na Figura 1, estas pertencentes a Hidrografia Paraguai/Jauquara (BHJP). A área de estudo está localizada no estado do Mato Grosso, com uma extensão territorial de 828.059,5 hectares (ha), foi dividida em três sub-bacias: Interbacia do Rio Paraguai Médio (IRPM) com área de 391183,1 ha; Rio dos Bugres (BRB) com 209796,9 ha; Rio Branco (BHRB) com 226923,5 ha de área. Está localizada entre as coordenadas 57°40'0" a 56°40'0"W e 14°30'0" a 16°0'0"S.

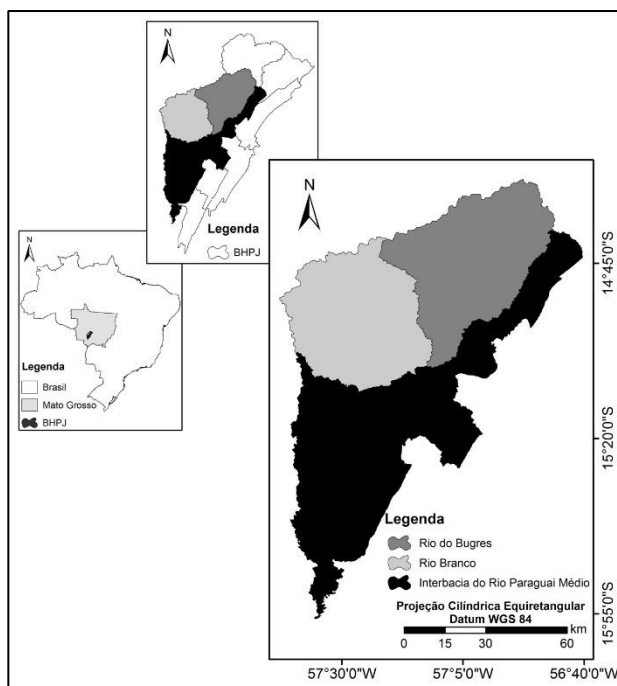


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias estudadas, localizadas no estado de Mato Grosso – Brasil.

A região possui clima tropical com duas estações bem definidas, uma denominada chuvosa cujo período ocorre de outubro a março e outra com longo período de estiagem (seca) que corresponde aos meses de abril a setembro. O clima da região, segundo a classificação de KÖPPEN, é tropical úmido megatérmico (Aw), com temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno, a média de temperatura ao longo do ano é de 24,4°C. É uma região com terreno, em grande maioria plano ou suave ondulado, vegetação predominantemente de floresta, conforme o site da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA).

A caracterização do uso da terra foi realizada inicialmente por meio de visitas à área de estudo nos dias 13 e 14 de outubro de 2014, correspondente ao período de seca, e 28 e 29 de abril de 2015, durante o período das chuvas, para realizar registros fotográficos dos tipos de uso e cobertura da terra existentes na bacia para validar a classificação das imagens de satélite.

As informações das imagens utilizadas na análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra, estão na Tabela 1. As imagens do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat 5 foram adquiridas do catálogo de imagens disponíveis na Web pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do sensor Operational Land Imager (OLI) a bordo do Landsat 8 foram obtidas no site da United States Geological Survey (USGS).

Tabela 1: Dados das imagens obtidas para o sensoriamento remoto.

Período de Aquisição	Órbitas/Pontos	Sensor	Bandas	Resolução espacial	Resolução radiométrica
julho de 1993	227/70	TM	3,4,5	30m	8 <i>bits</i>
julho de 1993	227/71	TM	3,4,5	30m	8 <i>bits</i>
junho de 2014	227/70	OLI	4,5,6	30m	16 <i>bits</i>
junho de 2014	227/71	OLI	4,5,6	30m	16 <i>bits</i>

Essas imagens foram processadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Spring) versão 5.2.7. (Camara et al., 1996) e organizadas em um banco de dados utilizando o sistema de coordenadas UTM, datum WGS 84. As imagens do satélite Landsat 5 foram georreferenciadas usando as imagens Geocover em formato GeoTiff, obtidas no site da NASA, utilizando as bandas 5, 4 e 3, de 2001, no modo tela a tela. As imagens do satélite Landsat 8 já estão disponibilizadas georreferenciadas.

Posteriormente, foram realizados os mosaicos das duas cenas para cada ano e o recorte da área de estudo através da importação da máscara da BHPJ na extensão *shapefile*. Em seguida realizada a segmentação do mosaico das imagens através do algoritmo de crescimento de regiões, para agrupar os pixels espectralmente semelhantes. Para tanto, foram realizados testes com os valores de similaridade e de área, a fim de encontrar a melhor segmentação para as imagens de ambos os sensores (TM e OLI).

Os valores de similaridade 8 e área 16 apresentaram o melhor resultado para as imagens do sensor TM no agrupamento de duas regiões espectralmente similares em uma única região e o melhor resultado na individualização entre as regiões pelo número de pixels, corroborando com o estudo de Maurano et al. (2013). Já para as imagens do sensor OLI os melhores valores de similaridade e de área foram 200 e 300 respectivamente. Esses valores de segmentação foram diferentes visto que as imagens do sensor TM possuem 8 *bits* e do sensor OLI 16 *bits*.

Foram definidas as classes de uso da terra por meio da observação da imagem e da classificação usada pelo IBGE (2006) e Silva et al. (2011), modificados. Deste modo, foram consideradas quatro classes, sendo elas: vegetação natural (todos os tipos de vegetação natural), cana-de-açúcar, pastagem (todos os tipos de pecuária) e outros usos (nesta classe foram consideradas as manchas urbanas, sedes rurais, obras de engenharia, considerando lagos, rios e lagos artificiais).

Seguiu-se com a classificação supervisionada, realizada com o treinamento, identificação e aquisição de amostras das classes, nas imagens do período seco, usando o classificador de regiões Bhattacharrya com aceitação de 95%.

Os mapas gerados foram transformados em mapas temáticos, seguindo o processo de transformação de matriz para vetor e exportados como arquivo *shapefile*. Por fim, para cada ano pesquisado, os mapas foram processados no software ArcMap, versão 10.1, para edição do mapa temático e quantificação das classes temáticas.

Posteriormente foram gerados os índices de expansão da cultura de cana-de-açúcar na área estudada. Tendo como base os indicadores gerados por Ferraz (2012) modificado, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Tabela com os indicadores usados para estimar a expansão da cultura canavieira. Nota (I) Stc = área total da cultura de cana-de-açúcar; (II) Stu = área total da unidade territorial de análise; (II) Stca = área total da cultura de cana-de-açúcar no ano anterior; (IV) Scp = área de substituição de pastagem por cultura de cana-de-açúcar; (V) Sec = área da expansão da cana-de-açúcar; (VI) Ssv = área de supressão de vegetação natural em função da expansão da cultura de cana-de açúcar. Modificado de: Ferraz (2012).

INDICADORES	FÓRMULAS
IOCCA - Índice de Ocupação da Cultura de Cana-de-açúcar	$IOCCA = Stc / Stu$
IECC - Índice de Expansão de Cultura de Cana-de-açúcar	$IECC = (Stc - Stca) / Stu$
ISAP - Índice de Substituição de Áreas de Pastagem	$ISAP = (Scp / Sec)$
ISVN - Índice de Supressão de Vegetação Natural	$ISVN = (Ssv / Sec)$

Os indicadores IOCCA e IECC, são interpretados considerando: valor igual a um significa que a área da cultura canavieira ocupa toda área estudada; igual a zero significa inócorrência da classe; valores entre zero e um, significa que cultura canavieira ocupa parcialmente a área estudada, cuja grandeza revela a proporção da área ocupada em relação a área. Já os índices ISAP e ISVN, são interpretados: valor igual a zero corresponde a não substituição entre a cultura canavieira sobre pastagens; valor igual a um, significa que houve expansão da cultura canavieira cuja área total de expansão ocorreu sobre as áreas de pastagens; valores entre zero e um corresponde que houve expansão da cultura canavieira cuja área total de expansão ocorreu sobre as áreas de pastagens e valor dos índices revela a magnitude da proporção de substituição.

Também investigou fatores dos atributos pedológicos da região, afim de compreender algumas características que auxiliam no desenvolvimento dessa atividade canavieira nas sub-bacias. Para tanto foi quantificado no ArcMap, versão

10.1, a área ocupada pelos tipos de solo da região usando o mapa de solo de Mato Grosso elaborado pela SEPLAN (2001), a qual foi recortado através da máscara da área de estudo e classificado segundo EMBRAPA (2009).

RESULTADO E DISCUSSÕES

Durante 21 anos houve alteração na paisagem das três bacias estudadas (Figura 2). No período analisado a área ocupada com vegetação natural reduziu em todas as sub-bacias (Figura 2 e Tabela 3), a maior redução ocorreu na sub-bacia do Rio Branco (BHRB) 23,63%.

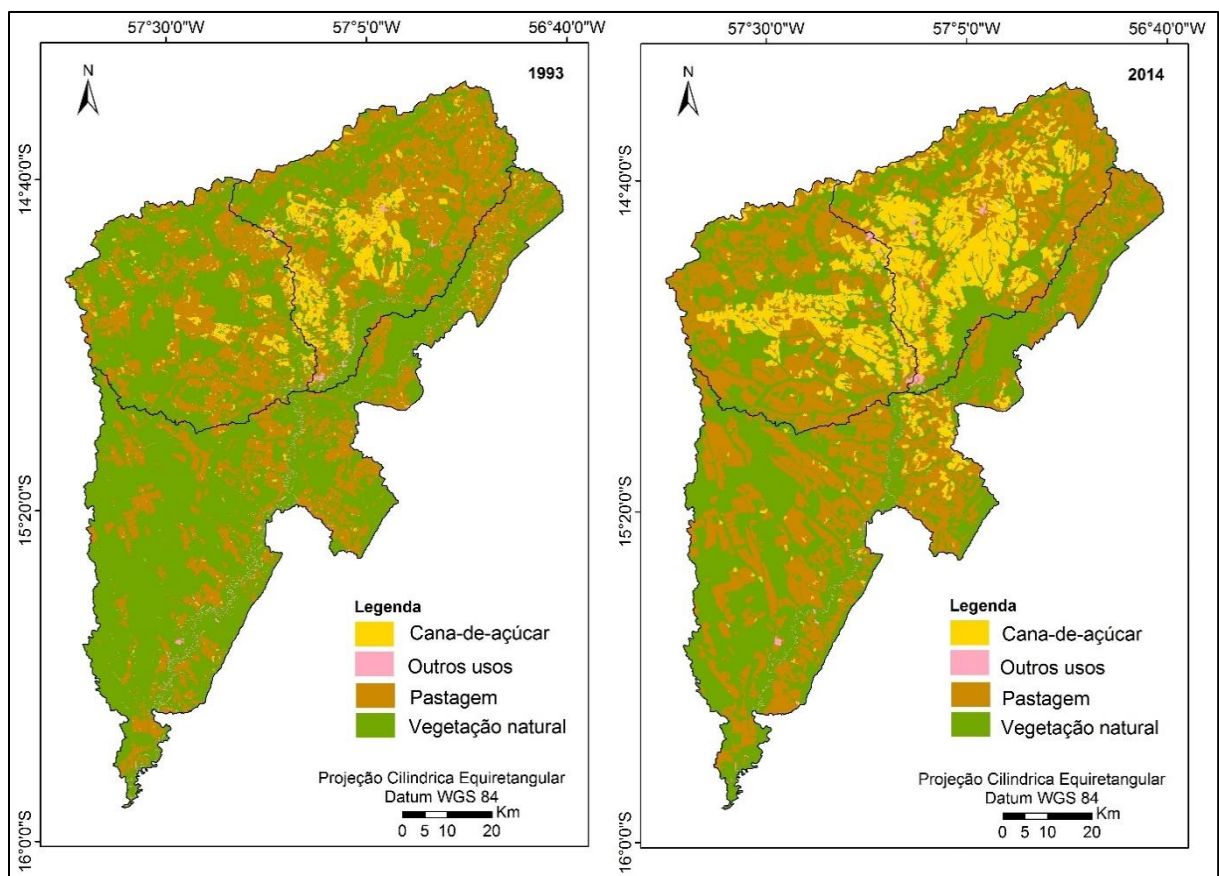


Figura 2: Mapa de uso da terra da Bacia do rio Paraguai Médio (IRPM), rio Bugres (BRB) e do rio Branco (BHRB).

A cultura canvieira é o principal uso da terra na BHRB. Na BRB a pastagem se destaca como a maior área de uso, assim como na sub-bacia do rio Paraguai Médio (IRPM), porém nesta com expansão mais relevante, 17,11% (Tabela 3).

A partir dos resultados, na figura 2, foi possível calcular a área e os indicadores da expansão da cultura canvieira nas três sub-bacias no período de 21 anos (Tabela 3). Na BHRB a cultura canvieira ocupa atualmente 762 ha, referente a 33,57% da área total da sub-bacia e apresentou maior taxa de expansão dentre as demais sub-

bacias. Os índices de substituição da pastagem (ISAP) e vegetação natural (ISVN) apresentaram maior valores para a BRB (Tabela 3).

Tabela 3: Área (hectares) das classes de uso classificadas e indicadores da expansão da cultura canavieira sobre a pastagem e vegetação natural. Nota (I) IRPM- Interbacia do rio Paraguai Médio; BHRB- Bacia rio dos Bugres; BRB- Bacia rio Braco; CA- Cana-de-açúcar; OUA- Outros Usos; P- Pastagem; VN- Vegetação Natural; AECC- Área Total da Expansão da Cultura Canavieira; AOCC- Área total de Ocupação da Cultura Canavieira; ATU – Área Total da Unidade Territorial; IOCCA- Índice de Ocupação da Cultura da Cana-de-açúcar; IECA- Índice de Expansão da Cultura Canavieira; ISAP - Índice de Substituição de Áreas de Pastagens; ISVN- Índice de Supressão de Vegetação Natural.

Sub-Bacia			IRPM	BHRB	BRB
Classes de uso (ha)	1993	CA	3.347	11.242	31.360
		OUA	4.873	714	2.686
		P	96.166	75.801	93.227
		VN	286.825	122.039	99.684
	2014	CA	10.625	76.201	38.980
		OUA	2.393	1.541	1.031
		P	163.061	80.776	93.843
		VN	215.103	68.405	75.944
Indicadores		IOCCA	0,013	0,092	0,047
		IECC	0,009	0,078	0,009
		ISAP	0,14	0,06	1,0
		ISVN	0,30	0,09	1,0

O IOCCA mostra que houve nas três bacias estudadas, um aumento da área de agricultura, sendo a BHRB apontou maior área de ocupação com 76.201 hectares de área. Já para o índice de expansão da cultura canavieira (IECC), seguiu-se a mesma tendência do IOCCA. Em todas as bacias houve expansão, porém, a BHRB passou de uma área ocupada pela cultura canavieira de 11.242 hectares no ano de 1993 para 76.201 hectares no ano de 2014.

O indicador ISAP, que mostra o quanto a pastagem foi substituída pela cana-de-açúcar, expressou um destaque para a bacia do rio Bugres com maior substituição da área de pastagem pela agricultura com 33.689,23 hectares de área modificada. Já na BRB houve uma expansão menor da cultura canavieira porém essa expansão se deu sobre as áreas de pastagem.

Nesta perspectiva Loarie et al. (2011) revelam o benefício que a conversão de pastagem em cana-de-açúcar pode promover para o resfriamento nas suas regiões marginais, devido a maior taxa de evapotranspiração da cana-de-açúcar, no entanto a conversão da vegetação natural em cana-de-açúcar provoca o efeito contrário, o aquecimento local. Porém este benefício pode se tornar efetivo somente em caso de

aumentar a produção de gado nas áreas já estabelecidas com pastagens, desde que a conversão da pastagem em cana-de-açúcar não leve a expansão da pastagem para áreas com vegetação natural, como a Amazônia Brasileira.

No entanto, a atividade de cultivo da cana-de-açúcar possui algumas práticas que podem promover problemas ao meio ambiente e a saúde da população humana, como a queima da palhada de pré-colheita. Esta atividade emite material particulado, gases de efeito estufa que causam danos ambientais e à saúde humana (França et al., 2012). Segundo Ribeiro e Pesquero (2010) existe a prevalência de sintomas de doenças respiratórias em crianças de 11 a 13 anos em Espírito Santo do Turvo (SP).

Em alguns estados brasileiros foi criada a Lei para a eliminação da queimada como manejo da cultura canavieira, como no estado de São Paulo com a Lei nº. 11.241 aprovada em 2002, que sancionou um cronograma para a redução de 2002 a 2031 (São Paulo, 2002). Goiás aprovou a Lei nº. 15.834 em 2006, que dispõe sobre a redução gradativa do uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte até 2028 (Goiás, 2006).

O estado de Mato Grosso ainda não possui legislação específica sobre a queima da cana-de-açúcar, mas possui Plano Integrado de Prevenção às Queimadas e Combate aos Incêndios Florestais (PPCDQ-MT), com o objetivo de elaborar ações de prevenção, preparação e resposta rápida de combate aos incêndios florestais e queimadas no estado (Secretaria de Estado e Meio Ambiente, 2014). Além disso o Estado possui a Portaria nº. 027 de 10 de março de 2009 que visa disciplinar os procedimentos para autorização da queima controlada (SEMA, 2009).

No indicador ISVN, a bacia do rio Branco também apresentou maior valor, pois houve substituição e consequentemente supressão de 20.594,82 hectares de área de vegetação natural. E, áreas do cerrado na região Centro-Oeste do país os resultados sugerem que o processo de expansão da cultura canavieira tem seguido a mesma tendência, a cultura ocupa inicialmente as áreas com topografia adequada e solos mais favoráveis, anteriormente utilizados por outras culturas agrícolas e pastagens (Nassar et al., 2008).

No trabalho realizado por Neves et al. (2014) no período 1990 a 2011, as áreas de cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do rio do Bugres aumentaram preferencialmente na direção Norte-Nordeste. Corroborando com os dados encontrados neste trabalho, os autores constataram que a expansão da cultura

contribuiu para a supressão de parte das Florestas estacional semidecidual submontana e Floresta aluvial, bem como o crescimento da classe de cana-de-açúcar em detrimento a pecuária.

O avanço do cultivo da cana-de-açúcar apresenta relação com a presença de solo de boa qualidade e produtividade da cultura, como Latossolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho presente em todas a sub-bacias (tabela 4).

Tabela 4: Tipo de solo em cada sub-bacia.

Sub-Bacias	Tipo de Solo	Área (ha)
IRPM	Latossolos Vermelho-Amarelo	134070,6
	Neossolos Litólicos	9490
	Neossolos Quartzarênicos	187240
	Argissolos Vermelho	9729
	Cambissolos	7368
	Neossolos Flúvicos	43359
BHRB	Argissolos Vermelho	39321
	Latossolos Vermelho-Amarelo	187653
BRB	Argissolos Vermelho	52611
	Latossolos Vermelho-Amarelo	74124
	Neossolos Quartzarênicos	83082

De acordo com Neves et al. (2014) a declividade é um fator impeditivo para a ampliação do cultivo de cana-de-açúcar, ou seja, em áreas com declividade elevada o cultivo da cana-de-açúcar é prejudicado em virtude do uso de maquinário para o plantio e colheita. Na BHRB, os autores constataram que o relevo plano e suave ondulado favoreceu a expansão da cultura canavieira. Além disso, nestas áreas há predominância de solos que também contribuem para o desenvolvimento desta atividade, como os Latossolos (Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro) (Neves et al., 2014).

O avanço da cana-de-açúcar na região das sub-bacias também foi constatado no trabalho de Santos et al. (2013), realizado na microrregião de Tangará da Serra, onde foi verificado o aumento de 5,72% desta atividade de 1990 a 2011. Esta microrregião comporta cinco municípios da área total das três sub-bacias (Barra do Bugres, Denise, Nova Olímpia, Porto Estrela e Tangará da Serra), sendo formada também por Santo Afonso, Arenápolis, Auto Paraguai, Cáceres e Lambari do Oeste.

CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que o processo de expansão da cultura canavieira no período de 1993/2014 apresentou um aumento considerável da área cultivada, o que ocorreu principalmente pela substituição das áreas de vegetação natural e pastagem.

A área total, atualmente ocupada pelo cultivo de cana-de-açúcar, é ainda pequena em relação a área de estudo. Mas a intensificação do processo de expansão foi considerável, no período analisado, totalizando um aumento de 79.857,88 hectares.

Esse estudo demonstra a importância e urgência dos estudos de zoneamento agrícola no estado, um investimento a longo prazo, para que novas áreas sejam abertas, possibilitando um planejamento adequado.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. et al. A produção da cana-de-açúcar no Brasil e a saúde do trabalhador rural. **Rev. Bras. Med. Trab**, 9(2): 49-61, 2011.
- ADAMI, M. et al. Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in brazil. **Sustainability**, 4: 574-585, 2012.
- CASTRO, A. S. et al. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **B. goiano. geogr.**, 30(1): 171-191, 2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. 309p.
- FERRAZ, R.P.D.; SIMÕES, M.; DUBREUIL, V. Indicadores para a avaliação do processo de expansão da cultura canavieira no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 29: 1-11, 2013.
- FRANÇA, D. A. et al. Pre-Harvest sugarcane burning: determination of emission factors through laboratory measurements. **Atmosphere**, 3: 164-180, 2012.
- GOIÁS. **Lei nº 15.834**, Diário Oficial, 23 de Novembro de 2006.
- IAIA, A.M.; MAIA, J.C.S.; KIM, M.E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10(2): 523-530, 2006.
- LIMA, C.L.; COSTA, L.F.G. Considerações sobre o setor sucroalcooleiro no Brasil e na Bahia. **Revista Desenharia**, 4(6), 2007.

LOARIE, S.R. et al. Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil. **Nat. Clim. Change**, 1: 105–109, 2011.

MACEDO, I.C.; SEABRA, J.E.A.; SILVA, J.E.A.R. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass Bioenergy**, 32: 582–595, 2008.

NASSAR, A.M. et al. Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: impacts on direct and indirect land use changes. In: ZUURBIER, P.; VOOREN, J. V. (Ed.). Wageningen Academic Publishers, 2008. p. 63-94.

NEVES, S. M. A. S. et al. Geotechnologies applied to the evaluation of sugarcane dynamics in the Bugres river basin, Mato Grosso State – Brasil. **Geografia**, 40: 195-210, 2015.

RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: Avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. **Estudos Avançados**, 24(68): 255-271, 2010.

SANTOS, S. M. L. et al. Análise espacial da expansão da cultura de cana-de-açúcar na microrregião de Tangará da Serra, Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, 9(16): 195-214, 2013.

SÃO PAULO. **Lei nº 11.241**, Diário Oficial, 19 de Setembro de 2002.

Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN) **Mapa de Solos do Estado de Mato Grosso**. Mapa color. Escala 1: 1.500.000, p. 1, 2001.

Secretaria de Estado e Meio Ambiente (SEMA). **Portaria nº. 027** de 10 de Março de 2009.

Secretaria de Estado e Meio Ambiente (SEMA). **Mato Grosso unido contra as queimadas**. SEMA-MT, 2014. Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2548&Itemid=786>. Acesso: janeiro,13, 2015.

SILVA, A.A.; MIZIARA, F. Avanço do setor sucroalcooleiro e expansão da fronteira agrícola em Goiás. **Pesq. Agropec. Trop.**, 41(3): 399-407, 2011.

SILVEIRA, L. J.; CARVALO, N.D. Expansão do setor sucroalcooleiro no Brasil: Algumas considerações. **Rev. Triang.**, 1(1): 81-95, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de imagens de satélite possibilitou verificar o uso e ocupação da terra ao longo dos anos na bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara (BHPJ). Verificou-se a predominância da vegetação natural (47,3%), pastagem (41,8%) e agricultura (10,4%). A agricultura e a pastagem apresentaram expansão significativa nos últimos 20 anos, em consequência a supressão da vegetação natural, com redução de 268.694,24 hectares.

As características de relevo e solo da região, consistem em fatores que favorecem o aumento da pastagem e agricultura, ocasionando o processo de desmatamento de forma mais acelerada.

A alteração na paisagem ocorrida nas sub-bacias que compõem a BHPJ tem influência sobre o ITA, o qual aumentou ao longo do tempo, atingindo o estado regular em 2014, na maioria das sub-bacias, com exceção da sub-bacia do rio Jauquara, que manteve-se em estado pouco degradado.

A projeção do ITA para 2060, baseado nos dados de uso da terra, indica que o índice continuará aumentando, atingindo o estado degradado em três sub-bacias, do rio Bugres, rio Paraguai/Diamantino e rio Branco, e os demais atingirão o estado regular.

Estas três sub-bacias (rio Bugres, rio Paraguai/Diamantino e rio Branco) foram analisadas sobre o cultivo da cana-de-açúcar, relevante nesta área. Verificou-se que a cultura canavieira expandiu, no período de 1993/2014, para áreas de vegetação natural e pastagem.

Visto os resultados apontados neste estudo, conclui-se que é importante realizar o acompanhamento da BHPJ visando mitigar os danos ambientais já causados e fomentar novos estudos para acompanhar as mudanças ambientais ocorridas na região.

Além disso torna-se cada vez mais necessário a criação e manutenção de novas áreas de proteção ambiental. Contribuindo para a conservação dos atributos bióticos (fauna e flora), estéticos ou culturais existentes, essenciais para a qualidade de vida da população local e proteção dos ecossistemas regionais.